Grundwasseruntersuchungen im Schwabachtal bei Erlangen

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung der Doktorwürde
der
hohen naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Friedrich - Alexanders - Universität Erlangen

vorgelegt von

Karl Weigel
aus Erlangen

Tag der mündlichen Prüfung: 11. April 1938

Erlangen 1938

Verlags- und Dissertationsdruckerei Carl Beck, Eisfeld i. Thür.

1938/213
~~1938/207~~

Referent: Univ.-Prof. Dr. B. v. Freyberg
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. E. Christa
Dekan: Univ.-Prof. Dr. J. Schwemmle

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis.

1. Vorwort 5
2. Oberflächenform und Hydrographie des Schwabachgebietes 7
3. Stratigraphie des Gebietes unter Berücksichtigung der Grundwasserhorizonte 8
4. Die Tektonik 23
5. Der Wasserhaushalt des Gebietes. 25
   a) Niederschläge 25
   b) Verdunstung 26
   c) Abfluß 27
   d) Versickerung 27
6. Schüttung und jährlicher Gang 30
7. Die chemische Beschaffenheit 36
   a) Untersuchungsmethode 36
   b) Burgsandstein 38
   c) Rhät 38
   d) Lias gamma 38
   e) Lias epsilon 39
   f) Dogger 39
   g) Malm 40
   h) Quartär 41
   i) Wässer der Schwabach 42

Anhang (Zusammenstellung der Grundwasserbeobachtungen) 46

Verzeichnis der benützten Schriften 72

Lebenslauf 75

1. Vorwort.

Vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1934—1936 im Geologischen Institut der Universität Erlangen ausgeführt. Besonderen Dank schulde ich meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. B. v. Freyberg, der mir mit stetigem Interesse manche Anregung und Hilfe im Gelände sowie beim Aufbauen der Arbeit zuteil werden ließ. Ferner danke ich Herrn Dr. Birzer für mehrfache Beratung, weiterhin dem Stadtbauamt Erlangen, insbesondere Herrn Baurat Kraus und Herrn Oberbauinspektor Hacke für praktische Unterstützung im Stadtgebiet, sowie verschiedenen Bohr- und Baufirmen für die Ueberlassung von Angaben über den Untergrund von Erlangen.

2. Oberflächenformen und Hydrographie des Schwabachgebietes.

Das bearbeitete Gebiet wird von der Schwabach und ihren Nebenflüssen durchflossen und ist durch die in Abbildung 1 eingezeichnete Wasserscheide gegen die benachbarten Flußsysteme abgegrenzt. Nur südlich von Erlangen ist eine solche nicht scharf vorhanden, da sich hier eine fast ebene Flußterrasse der Regnitz erstreckt. Die Wasserscheide wurde hier nach den Höhenkurven des Katasterblattes gezeichnet.

Die Schwabach fließt im allgemeinen von Osten nach Westen.

Unser Gebiet gehört dem Westrand des Jurastufenlandes an. Die Regnitz begrenzt das Arbeitsgebiet im Westen und verläuft von Süden nach Norden; in sie mündet die Schwabach nahezu senkrecht ein. Im Nordosten umschließt das Gräfenberger Plateau das Arbeitsgebiet, welches dann im Norden durch den Recken- und Rangener-Berg seine Fortsetzung findet. Hier schließen sich Leyer- und Lindelberg an. Ersterer hängt aber nur durch einen schmalen, bis zum Opalinuston abgetragenen Verbindungsrücken mit dem Gräfenberger Plateau zusammen. Schwabach und Trubach wetteifern miteinander durch rückschneidende Erosion diese letzte Verbindung mit dem Gräfenberger Plateau vollends zu zersägen. Der Leyerberg ist bereits ein Zeugenberg, da er heute schon mit Ausnahme dieses Sporns völlig isoliert steht und der Malm ganz abgetrennt ist. Bei ungestörtem Fortgang dürfte wohl die Schwabach von der Trubach mit Erfolg angezapft und ihrer Quelle beraubt werden, da die Mündung der Trubach etwa 20 Meter tiefer liegt als die der Schwabach. Dies ist heute übrigens schon künstlich erreicht, indem die Schwabachquelle fast vollständig zur Wasserversorgung nach Weingarts und Kunreuth abgeleitet wird und dieses Wasser dann der Trubach zugute kommt. Westlich des Leyerbergs fällt das Arbeitsgebiet verhältnismäßig steil ab, etwa 170 Meter bis zum schwarzen Jura. Letzterer erstreckt sich wieder über größere Flächen und bedeckt den Rathsberg-Marloffsteiner-Höhenzug. Dieser fällt erst wieder ganz im Westen ziemlich stark zum Regnitztal ab.

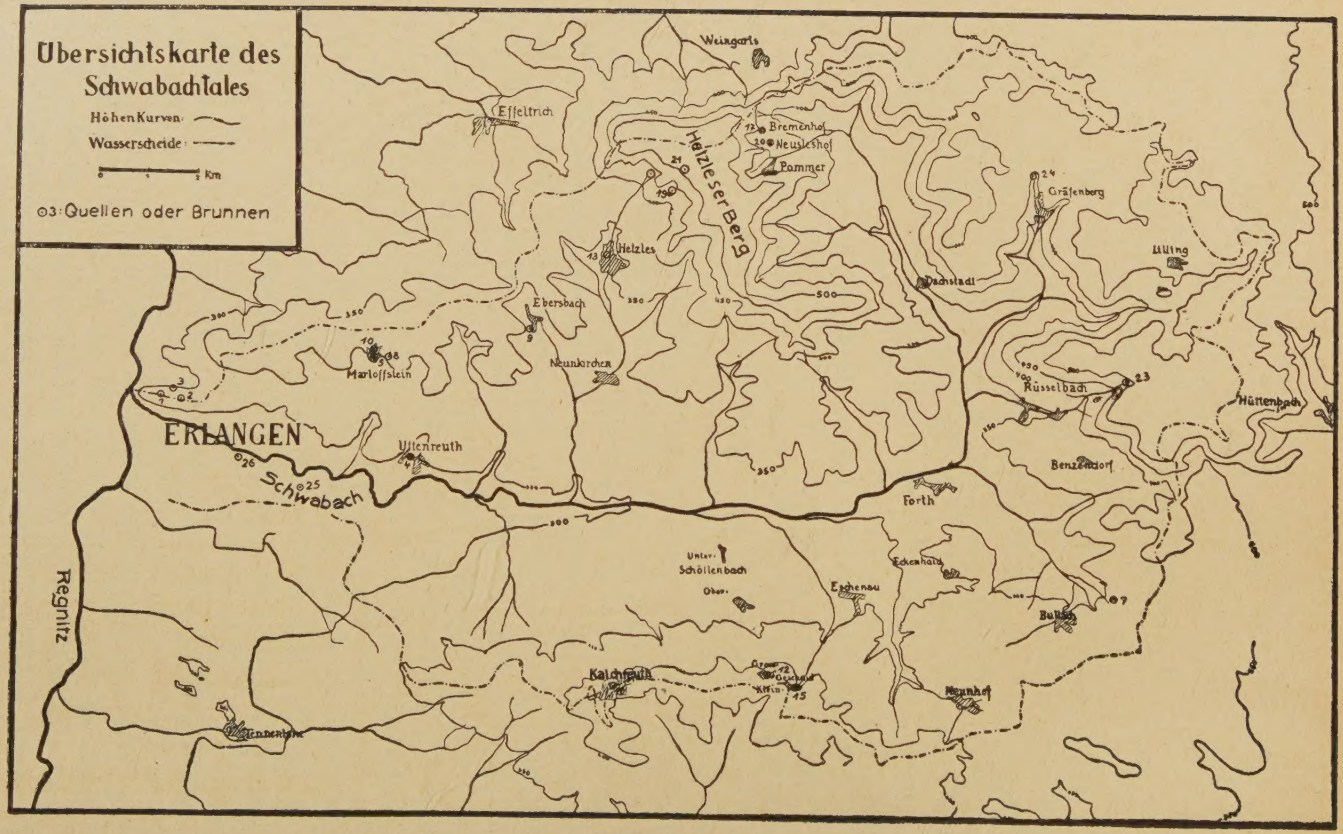
Übersichtskarte des Schwabachtales
Höhen Kurven:
Wasserscheide:
Km
⊙3: Quellen oder Brunnen
Weingarts
Effeltrich
Bremenhof
Neusleshof
Pommer
Helzleser Berg
Helzles
Ebersbach
Neunkirchen
Marloffstein
ERLANGEN
Uttenreuth
Schwabach
Regnitz
Gräfenberg
Dachstadt
Lilling
Rüsselbach
Hüttenbach
Benzendorf
Forth
Eckenhaid
Eschenau
Bullach
Neunhof
Kalchreuth
Schöllenbach
Untev.
Obev.
Tennenlohe
500
450
400
350
300

Abbildung 1.

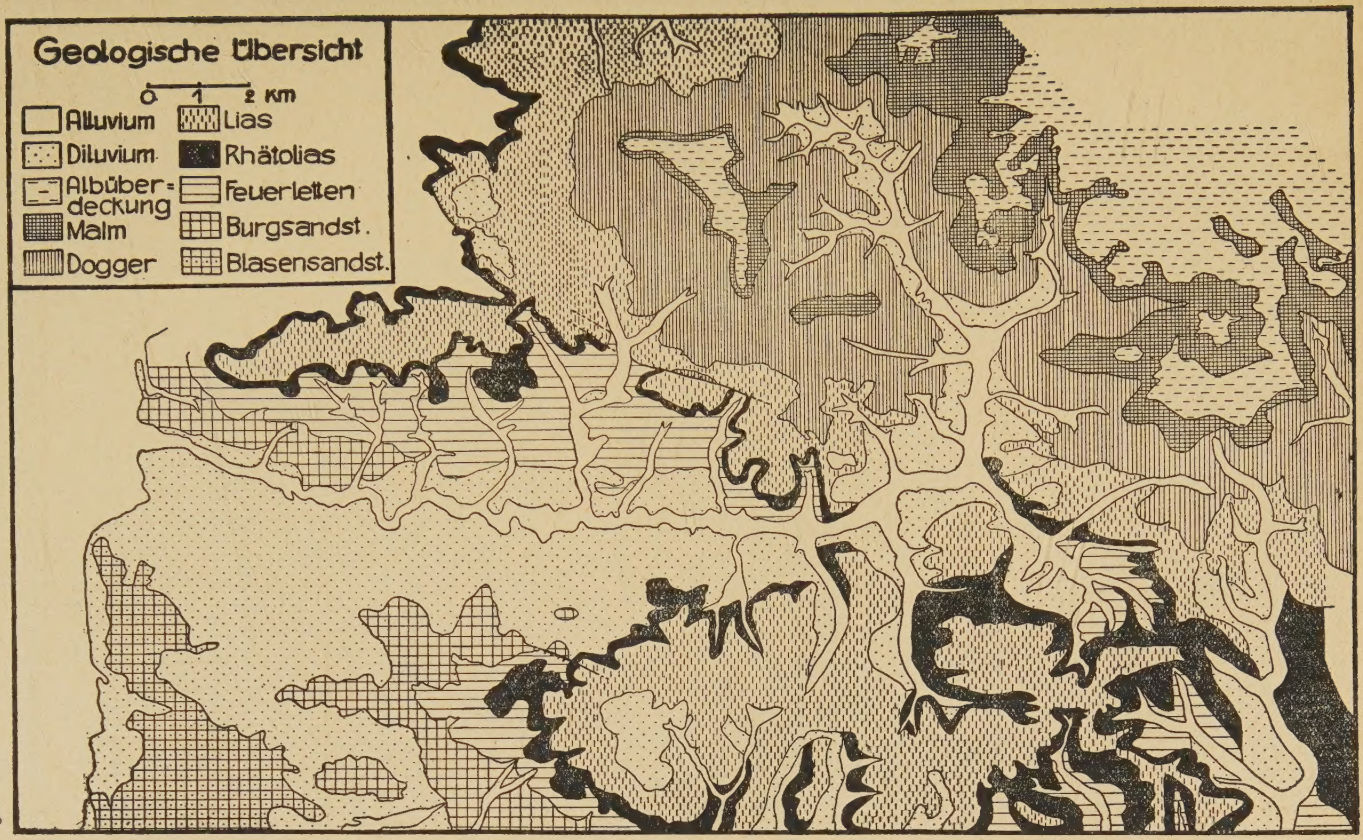
Geologische Übersicht
0 1 2 km
Alluvium
Diluvium
Albüberdeckung
Malm
Dogger
Lias
Rhätolias
Feuerletten
Burgsandst.
Blasensandst.

Abbildung 2.

Im Süden des Gebiets wiederholen sich nochmals die Schichtstufen wie im Norden, nur ist hier der Albrand weiter nach Osten zurückverlegt und das Schichtgebäude ist bereits bis zum schwarzen Jura abgetragen. Ueber der Flußterrasse der Regnitz erheben sich verschiedene Burgsandsteinkuppen, wie der Dornberg oder die Ohrwaschel, die dann zur Kalchreuther Hochfläche überleiten. Erst dann, im Nordosten, steigt das Arbeitsgebiet weiter zu dem eingangs erwähnten Gräfenberger Plateau an. Im Epperlesberg bei Benzendorf ist etwa wieder die Höhe des Leyerberges erreicht. Die auf den ersten Blick ersichtliche starke Zerlappung der Schichtstufenränder ist auf rückschneidende Erosion zurückzuführen. Die Landschaftsform selbst ist ganz gesetzmäßig von den geologischen Verhältnissen abzuleiten. Das Schichtenpaket, vom Blasensandstein angefangen bis zum oberen Jura fällt im großen und ganzen nach Nordosten zu ein, daher bauen sich modellartig die Schichtstufen auf. Die wenig widerstehenden Gesteine bildeten Verebnungen, sanfte Hänge und breit ausstreichende Gürtel links und rechts der Schwabach, die widerstehenden Gesteine dagegen die Stufen, welche ziemlich steil werden können und schon oft behandelt wurden. Die Schwabach selbst ist die örtliche Denudationsbasis für die zahlreichen, aus den verschiedenen Grundwasserstockwerken entspringenden Wasserläufe, die also der Schwabach zuströmen müssen.

3. Die Stratigraphie des Gebietes unter Berücksichtigung der Grundwasserhorizonte (s. Abbildung 2).

Die Beschreibung des geologischen Aufbaues erfolgt nur insoweit, als derselbe für die Beurteilung des Grundwassers von Bedeutung ist. Eine eingehende Schilderung findet sich in der im Literaturverzeichnis angegebenen Spezialliteratur, insbesondere in den von Krumbeck und Dorn verfaßten Kartenerläuterungen, auf die ich mich hier vorwiegend stütze. Eine kurze aber vorzügliche Darstellung der Grundwasserverhältnisse des fränkischen Schichtstufenlandes gab Reuter [1]). Am Aufbau des Gebietes sind folgende Formationen beteiligt:

Im Liegenden der Blasensandstein mit einer Mächtigkeit von 25—30 Meter. Er besteht zum Teil aus sehr mürben, oft

1) s. Literaturverzeichnis Nr. 22—27, besonders 26.

tiefgründig zu Sanden zerfallenden Sandsteinbänken, zum Teil aus mächtigen Lettenlagen, welche häufig auskeilen. Der Sandstein ist durch Eisen- und Manganoxyd mehr oder weniger gefärbt und teilweise karbonathaltig. Die Wässer lösen zum Teil die in ihm enthaltenen Substanzen und können dadurch für manche Zwecke ungeeignet werden. Wo der Sandstein über Tage nicht in seiner Gesamtheit wassererfüllt ist, können örtliche Tonlinsen zu kleineren Wasseransammlungen Anlaß geben (sogen. schwebendes Grundwasser). Der im Hangenden des Blasensandsteins sich befindende Koburger Bausandstein (Semionotensandstein) läßt sich in unserem Gebiet vom ersteren nicht unterscheiden und wird mit ihm zusammengefaßt.

Darüber baut sich der Burgsandstein mit einer Mächtigkeit von 80—100 Meter auf. Seine Körnung ist sehr verschieden. Das Bindemittel ist meist Kaolin (aus im Gestein zersetzten Feldspäten), in festem Sandstein auch Kieselsäure, seltener Karbonat. Die hydrologischen Verhältnisse des Burgsandsteins stimmen (abgesehen von der geringen Härte des Wasser) in vieler Beziehung mit denen des Blasensandsteins überein. Daher wurden in der „Karte der Grundwasserstauer und Grundwasserträger" Burg und Blasensandstein nicht unterschieden [2]). Die im Sandsteinkeuper vorkommenden Letten sind oft mehr oder weniger sandig und dann für Wasser nicht immer undurchlässig. Ueber dem Burgsandstein folgen die Feuerletten, mehr oder weniger karbonathaltige Letten von vorwiegend roter Farbe, daneben treten aber auch alle möglichen anderen Farbtöne auf. Ihre Mächtigkeit wechselt zwischen 40 und 80 Meter. Eine oft unangenehm empfundene Eigenschaft dieser Letten ist ihre besonders starke Quellung bei der Wasseraufnahme. Darauf sind die kuppigen und welligen Landschaftsformen im Bereich der Feuerletten zurückzuführen. In den Feuerletten tritt eine Konglomeratbank (Plateosaurus-Konglomerat) auf, welche stellenweise ganz auskeilt. Diese bedingt eine Geländestufe und kann zu geringfügigen Grundwasseransammlungen Anlaß geben. Die Bank besteht aus mehr oder weniger abgerollten Steinmergelknollen und wird etwa einen halben Meter stark.

Im Hangenden der Feuerletten liegt der Rhätolias. Dieser Ausdruck, von L. Krumbeck [3]) in die Literatur eingeführt, ist

2) s. Abbildung 3.
3) In einer neueren Arbeit (Sitzungsber. Phys. Med. Soz. Erlangen, Bd. 67, 1936) hat er eine weitgehende Gliederung gebracht.

überall da zweckmäßig, wo sich die Grenze zwischen Rhät und Lias nicht genau festlegen läßt. Hierzu gehört zu unterst die festländische Ausbildung des Rhätsandsteins (wie der Rhätolias-Sandstein meist kurz genannt wird). Er dürfte teilweise schon Lias sein und besteht aus verschieden großen, meist scharfkantigen Quarzkörnern von brauner bis weißer Farbe. Tone bilden in ihm mehr oder weniger große auskeilende oder sich verzweigende Tonlinsen, örtlich mit vielen Pflanzenresten (Pflanzentone). Inwieweit in diesem Sandstein die Psilonotenschichten enthalten sind, ist nicht abzugrenzen. Ueber ihm liegen die Angulatenschichten (Lias alpha 2), ein äußerst gleichmäßiger, feinkörniger Sandstein von wechselnder Mächtigkeit, wohl bereits meerischer Ablagerung, aber in unserem Gebiet nur in Resten enthalten. Ueber diesem stehen die Arietenschichten (Lias alpha 3) an. Der Arietensandstein ist im Gegensatz zum Rhätsandstein leicht kenntlich an den stark abgerollten großen öligen Quarzkörnern. Auch in Feldern, auf denen Arietenverwitterungsschutt liegt, fallen diese Quarzkörner auf. Die zuletzt genannten Rhätsandstein-Angulaten und Arietenschichten bilden einen nicht unbeachtlichen Grundwasserhorizont in dem beschriebenen Gebiet. Insgesamt beträgt wohl die Mächtigkeit 10—12 Meter. Die Wässer sind mehr oder weniger kalkhaltig von dem in diesen Schichten vorkommenden kalkigen Bindemittel. Sie können sich aber auch im Hangenden bereits mit Kalk beladen haben und setzen ihn dann in ausgedehnten Klüften des Rhäts und des Lias-alpha 2 und -alpha 3 ab. Das Porenvolumen ist aber vielfach nur gering, da die Quarzkörner mit Bindemittel verkittet sind.

Ueber den Arietenschichten liegen die undurchlässigen Lias-beta Tone mit einer Mächtigkeit von 6,6 Meter. Sie tragen meist eine Grasnarbe. Ueber dem Lias-beta liegen 4,4 Meter mächtig die in der Regel als Ackerland benutzten Mergelschiefer und Mergelkalke des Lias-gamma. Sie enthalten Knollen von Eisenkarbonat, Phosphorit und Kalk. Die Grenze zwischen Lias-beta und -gamma bildet einen kleinen Quellhorizont, dessen Wasser aber wegen seines hohen Kalkgehaltes für Zwecke der Wasserversorgung nur ein Notbehelf sein kann. Die Mächtigkeit dieser Schicht schwankt außerordentlich. Im Hangenden von Lias-beta befinden sich die Amaltheenschichten (Lias-delta). Sie setzen sich in der Hauptsache aus graublauen und bräunlichen Tonmergelschiefern und im oberen Teil aus kalkarmen Schiefertonen zusam-

men. Als Einlagerungen kommen vor: Toneisensteinknollen, Steinmergelbänkchen, Phosphoritknollen und am Uebergang zu Epsilon zuweilen brotlaibförmige Kalkabscheidungen. Fossilien sind vorwiegend an diese gebunden. Die Mächtigkeit der Amaltheenschichten beträgt 30—35 Meter. Sie sind der Grundwasserstauer für die darüber liegenden Posidonienschiefer (Lias-epsilon). Die Mächtigkeit der letzteren beträgt etwa 6 Meter. Sie bestehen aus papierdünnen Schiefern, in die einige Kalksteinplatten eingelagert sind. Unter diesen ist die 15—30 cm starke Pseudomonotisplatte am leichtesten kenntlich. Die Wässer aus Lias-epsilon sind zur Wasserversorgung wenig geeignet. Sie haben vielfach einen fauligen und öligen Geschmack, herrührend von dem mehrere Prozente betragenden Bitumengehalt und dem verwitternden Schwefelkies des Gesteins. Die organischen Substanzen bewirken nämlich eine Reduktion der Schwefelverbindungen zum Schwefelwasserstoff, dieser löst sich dann in den Wässern. Auch das Seihvermögen von Lias-epsilon ist sehr gering. — Der Lias-zeta tritt nicht hervor.

Ueber dem schwarzen Jura baut sich dann der Braune Jura auf. Zuunterst liegt der 70—100 Meter mächtige Opalinuston (Dogger-alpha) mit Phosphat- und Eisenkiesknollen. Seine frische Farbe ist in der Hauptmasse schwarzblau. Darüber liegt Dogger-beta (der Doggersandstein) etwa 40 Meter mächtig. Seine Quarzkörner sind sehr fein und gleichmäßig durch Ton- und Eisenhydroxyd gebunden. Im oberen Teil reichert sich sein Eisengehalt oft zu oolithischen Roteisenerzflözchen an. Auch führt er stellenweise Kalksandsteinbänke. Im allgemeinen ist er stark zerklüftet und teilweise auf der tonigen Unterlage abgeglitten, wodurch seine Klüfte sich erweitern. Der Doggersandstein ist ein außerordentlich beachtlicher Wasserträger, da er wegen seines großen Porenvolumens und seiner Zerklüftung beträchtliche Wassermengen aufspeichern kann. Andererseits ist das Doggerwasser wegen seiner geringen Härte für technische Zwecke außerordentlich gut brauchbar. Es gibt zwar Ausnahmen, falls hartes Malmwasser zusetzen kann oder falls lokale Kalkanreicherungen des Gesteins vom Grundwasser ausgelaugt werden.

Dogger-gamma bis zeta sind für unsere Betrachtungen von geringer Bedeutung. Dogger-zeta, der sogen. Ornatenton, ist mit Malm-alpha (10—20 Meter) zusammen der oberste Wasserstauer des Arbeitsgebietes. Darüber stehen die wohlgeschichteten

Kalkbänke des Malm-beta an, welche wegen ihrer guten technischen Brauchbarkeit auch Werkkalke genannt werden. Zum Teil sind diese aber verschwammt. Malm-alpha und -beta werden in unserem Gebiet dann zusammen durch mächtige Schwammriffe vertreten. Die überwiegend klüftigen Malmgesteine bedingen den ergiebigsten Quellhorizont der Alb. Ihre Wässer sind wegen des hohen Kalkgehaltes technisch weniger brauchbar. Auch können sie bei lang andauernden Regengüssen und bei geringer Ueberdeckung Trübungen erfahren.

Die Albüberdeckung blieb unberücksichtigt, weil die darin enthaltenen Grundwasserhorizonte für unsere Zwecke unbedeutend sind.

Unter Diluvium wurde in der geologischen Kartenskizze (Abb. 2) folgendes zusammengefaßt:

1. Der Lößlehm. Dieser ist ein äolisches Ablagerungsprodukt, in der Hauptsache auf die Gehänge des Schwabachtales beschränkt. Durch seine kapillare Wasseransaugung ist er für die Landwirtschaft (besonders in trockenen Jahren) von großer Bedeutung. Seine Flächenausdehnung ist hier gering.

2. Die Terrassenschotter und Sande. Sie bestehen aus Sanden mit mehr oder weniger zahlreichen Geröllen aus Quarz, Kalk und ähnlichem. Diese Terrassenschotter und -sande sind besonders dadurch gekennzeichnet, daß verschieden grobe Körner durcheinander gemischt sind. Auf einer solchen diluvialen Terrasse der Regnitz und der Schwabach ist z. B. der größte Teil der Stadt Erlangen aufgebaut.

3. Die Flugsande. Sie entstanden wohl meist durch Ausblasen von Terrassensanden und sind im Gegensatz zu den Terrassenbildungen von gleichmäßiger Korngröße und gut abgeschliffen. Ihr Vorkommen läßt sich nicht immer genau abgrenzen. Sie liegen oft über Blasen- und Burgsandstein, zuweilen reichen sie bis zum oberen Lias. Das genaue Alter steht noch nicht fest. Diese Flugsande sind (abgesehen von nachträglicher Bleichung unter Wald) durch Eisenhydroxyd gelblich gefärbt.

Als Alluvium wurden in der geologischen Kartenskizze ausgeschieden:

1. Die Talauen. Die Zusammensetzung ihrer Sedimente hängt von der Beschaffenheit des anstehenden Gesteins ab. Bei den Tälern mit stärkerem Gefälle sind die Verwitterungsprodukte

gröber, bei geringem Gefälle dagegen feiner. Ihre meist kalkfreien Gesteine liegen vielfach auf diluvialem Untergrund.

2. Die anmoorigen Sande und Moore. Diese sind Gebiete, in denen der Grundwasserspiegel wegen einer undurchlässigen Unterlage bis zur Erdoberfläche reicht, sodaß sich vielfach sumpfige Stellen bilden, in denen sich pflanzliche Reste nicht mehr zersetzen können.

Das Quartär, Diluvium und Alluvium, ist größtenteils Wasserträger. Seine Verbreitung zeigt ebenfalls die geologische Kartenskizze [1]). Die Flußalluvionen und Sandaufschüttungen sind von größter Bedeutung für die Wasserversorgung. Auch in dem bearbeiteten Gebiet entnehmen zahlreiche Siedlungen ihr Wasser aus dem Quartär. —

Im Vorstehenden ist die Wasserführung der einzelnen Horizonte erörtert. Was die Wasseraufnahmefähigkeit betrifft, so hat sie Heß (Nr. 10, S. 177) für die Gesteine der hier in Frage kommenden Formationen in einer Tabelle zusammengestellt. Dieser kommt jedoch für unsere Zwecke nur beschränkte Bedeutung zu, da es sich hier nicht um die Wasseraufnahmefähigkeit handelt, sondern darum, in welchem Umfang ein Gestein die aufgenommenen und aufgespeicherten Wassermengen wieder abgibt. Nur bei solchem Gestein, bei dem das Porenvolumen nicht mehr kapillar ist, hat die Wasseraufnahmefähigkeit für uns Bedeutung. Bei solchen dagegen, die der Kapillarwirkung unterworfen sind, werden zwar die Prozentzahlen für die Wasseraufnahmefähigkeit sehr hoch, stehen aber in gar keinem Verhältnis zu der Wassermenge, die für die Gewinnung in Frage kommt. Ebenso können Angaben über Wasseraufnahmefähigkeit etwa bei Sandsteinen oder auch bei klüftigen Kalkgesteinen zu falscher Beurteilung Anlaß geben, wenn ein solches Gestein das Wasser hauptsächlich in Klüften und Spalten enthält. Rhät-Ton erscheint z. B. in der Heß'schen Tabelle mit einer verhälnismäßig hohen Prozentzahl für die Wasseraufnahmefähigkeit. Es ist aber bekannt, daß Tone, wenn sie einmal mit Wasser vollgesaugt sind, dieses nur sehr schwer wieder abgeben und zur Wassergewinnung überhaupt nicht in Frage kommen.

Die verschiedenen Grundwasserträger des Arbeitsgebietes seien hier nochmals zusammengefaßt (Abb. 3):

1) Bergrutsche und Tufflager konnten bei dem Maßstab der Karte nicht eingetragen werden.

Grundwasserstauer
Grundwasserträger
Quartär abgedeckt
6 Überwieg. klüftige Malmgesteine
5 Malm α - Dogger γ
4 Dogger β
3 Dogger α - Lias ζ
2 Rhätolias-Sandst.
1 Burg- u. Blasensandstein (enthält auskeilende Staulinsen)
0 1 2 km

Abbildung 3.

1. die Wasservorräte im Sandsteinkeuper (diese sind wegen des Auskeilens der Tonlinsen über der Talsohle sehr verschieden)
2. die Wasservorräte im Rhät-Sandstein
3. „ „ „ „ Lias-gamma
4. „ „ „ „ Lias-epsilon
5. „ „ „ „ Dogger-beta
6. „ „ „ „ Malm-beta
7. „ „ „ „ Quartär.

Tabelle 1 zeigt, welche Wasserhorizonte von den Ortschaften meines Gebietes verwendet werden.

Tabelle 1.

Trink- und Brauchwasserversorgung der Siedlungen des Schwabachtales nach dem Stand vom April 1937.

Nr.	(Gemeinde) Siedlungen	verwendeter Grundwasserhorizont
1	Affalterbach (Pettensiedel)	Leitung aus Dogger gemeinsam mit Unterlindelbach, Stöckach und Frohnhof. Ferner eine Quelle (ausgemauert) im Diluvium etwas östlich der Ortschaft.
2	Baad (Hetzles)	Pumpbrunnen im Alluvium.
3	Beerbach	Leitung aus dem Quartär (zusickerndes Rhät-Lias-Wasser) mit Widderanlage. Pumpbrunnen im Rhät sind vorhanden, werden aber nicht benützt.
4	Benzendorf	Leitung gemeinsam mit Oedhof vom Epperlesberg; verschiedene Quellen zusammengefaßt, zum Teil aus Dogger, zum Teil aus Malm. Pumpbrunnen im Alluvium vorhanden, aber nicht mehr benützt.
5	Bodengrub (Dachstadt)	Leitung aus Dogger gemeinsam mit Letten und Lettenmühle.
6	Brand	Leitung aus Rhät innerhalb der Siedlung, daher unhygienisch und der Verunreinigung ausgesetzt. Pumpbrunnen im Quartär bzw. Rhät.
7	Brandermühle (Brand)	Quelle aus Quartär und Pumpbrunnen im Haus aus Alluvium.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
8	Bremerhof (Pommer)	Pumpbrunnen im Haus zum Waschen und Viehtränken aus Doggergehängeschutt, zum Trinken Schwabachquelle aus Dogger.
9	Buckenhof	Pumpbrunnen im Quartär. Namentlich im westlichen Teil der Ortschaft ungünstig, da der Grundwasserstrom vom Dorf her verunreinigt sein kann. Ferner Pumpbrunnen im Sandsteinkeuper (Wasser des Diluviums durch Verrohrung abgesperrt) und artesische Brunnen.
10	Bullach	Pumpbrunnen teils im Rhät teils im Quartär. Verschiedene Haushaltungen haben private Leitungen aus Rhät, ebenso stammt die Quelle für den Dorfbrunnen aus Rhät.
11	Dachstadt	Leitung aus Dogger.
12	Dorfhaus (Weißenohe)	Verschiedene private Leitungen aus Dogger bzw. Malmgehängeschutt. (Dogger ist hier meistens von Malmgehängeschutt überdeckt). Pumpbrunnen waren vorhanden, sind heute meistenteils zugefüllt. Ein Pumpbrunnen aus dem Alluvium wurde vorgefunden.
13	Dormitz	Leitungen aus dem Diluvium.
14	Ebach (Herpersdorf)	Pumpbrunnen im Rhät.
15	Ebersbach (Dormitz)	Quellen und verschiedene private Leitungen aus dem Rhät. Pumpbrunnen im Alluvium.
16	Eckenhaid	Zwei Quellen aus Rhät für die gemeindliche Leitung. Jedoch reichen diese im Sommer nicht aus, weshalb eine dritte Fassung bei der Neuwiesen angelegt wurde, deren Wasser aus dem unteren Lias stammen dürfte. Einige Haushaltungen haben Pumpbrunnen im Rhät. Marquartsburg und Eckenmühle sind an gemeindl. Leitung angeschlossen.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
17	Eichenmühle (Igensdorf)	Pumpbrunnen im Alluvium. Nach Angabe des Eigentümers ist der Brunnen einige Meter gegraben und von da aus noch mehrere Meter gebohrt worden.
18	Erlangen	Leitung der Stadt aus dem Diluvium westlich der Regnitz. Einige Pumpbrunnen im Quartär, sowie Pumpbrunnen aus dem Sandsteinkeuper noch heute benützt, besonders von Brauereien. Ferner artesische Wässer und Mineralwässer aus Benkersandstein.
19	Erlastrut (Lilling)	Leitung s. Lilling. Pumpbrunnen im Malm.
20	Erleinhof (Dormitz)	Zwei Brunnen im Quartär.
21	Ermreuth	Leitung aus Dogger.
22	Eschenau	Alte Leitung, die im Winter ausschließlich verwendet wird, aus Rhät bei Beerbach. Neue Leitung westlich der Straße nach Forth, ebenfalls aus Rhät. Pumpbrunnen im Ort wurden aufgelassen.
23	Etlaswind (Pettensiedel)	Gemeindliche Leitung aus Dogger vom Lindelberg oberhalb Oberlindelbach. Im unteren Dorf einige Pumpbrunnen im Alluvium.
24	Forth-Büg	Leitung aus Rhät bei Bullach; private Quelle aus Rhät im Kellerhaus in Forth. Pumpbrunnen sind in Forth nicht mehr in Benützung, in Büg dagegen befindet sich eine größere Anzahl Pumpbrunnen im Quartär.
25	Frohnhof (Pettensiedel)	s. Affalterbach.
26	Fuchsberg (Weißenohe)	Private Leitung mit Sonnenberg aus Malm.
27	Gabermühle (Kalchreuth)	Brunnen im Alluvium.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
28	Gleisenhof (Ermreuth)	Quellen aus Malm.
29	Gräfenberg	Zwei Quellen für gemeindliche Leitung aus dem Malm (Kalkbrunnen).
30	Gräfenbergerhüll (Guttenburg)	Leitung aus der außerhalb unseres Gebietes liegenden Kasberggruppe der Albwasserversorgung.
31	Großenbuch	Leitung aus Malm vom Hetzles (Nordseite), Pumpbrunnen im Alluvium. Verschiedene private Leitungen aus Doggergehängeschutt.
32	Großgeschaidt	Pumpbrunnen und Quellen aus Lias-Epsilon. In trockenen Jahren hat ein Teil der Brunnen nördlich der Straße nicht genügend Wasser. Die Quelle am Gemeindehaus, aus der verschiedene Haushaltungen Wasser holen, ist äußerst unhygienisch, da sich darüber Gehöfte befinden.
33	Guttenburg	Leitung von der Kasberggruppe (s. Gräfenbergerhüll).
34	Habernhofermühle (Weiher)	Pumpbrunnen im Alluvium.
35	Haselhof (Pettensiedel)	An die Leitung von Pettensiedel angeschlossen.
36	Herpersdorf	Leitung aus Rhät von der Griesleite.
37	Hetzles	Quellen und Pumpbrunnen aus Lias-Epsilon und Alluvium.
38	Igensdorf	Leitung aus Doggergehängeschutt. Pumpbrunnen werden nicht mehr benützt, größtenteils trocken. Molkerei Igensdorf, Gastwirtschaft Friedrich und einige danebenbefindliche Haushaltungen haben eine Privatleitung aus Dogger. Ziegelei mit Weinberg (Weinberg gehört zur Gemeinde Weißenohe) haben eine eigene Leitung aus Malm vom Eberhardsberg. Molkerei Igensdorf hat noch einen 24 Meter tiefen Pumpbrunnen, der oben im Alluvium steht.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
39	Illhof (Benzendorf)	Leitung s. Laipersdorf. Verschiedene Pumpbrunnen im oberen Lias angesetzt.
40	Kalchreuth	Leitung aus dem Quartär bei den Kreuzweihern; Quellen und Brunnen im Lias-Epsilon, welche nur beim Versagen der Leitung herangezogen werden.
41	Kasberg (Walkersbrunn)	Wasserversorgung s. Gräfenbergerhüll. Gemeindliche Pumpbrunnen im Malm, einige Zisternen.
42 *)	Käswasser (Kalchreuth)	Leitung zusammen mit Kalchreuth (s. dieses). Pumpbrunnen im Lias-Epsilon, zum Teil verunreinigt, zum Teil aufgefüllt.
43	Kemnathen	Leitung: Betzenstein Gruppe I (s. Lilling) und Zisternen.
44	Kirchröttenbach	Leitung für Laipersdorf. Verschiedene Brunnen aus Rhät.
45	Kirchrüsselbach (Rüsselbach)	Verschiedene private Leitungen aus Dogger.
46	Kleingeschaidt	Verschiedene Leitungen und Pumpbrunnen aus Lias-Epsilon.
47	Kleinsendelbach	Pumpbrunnen im Quartär und verschiedene private Leitungen aus Rhät.
48	Laipersdorf (Germersberg)	Leitung von Lillinghof zusammen mit Germersberg, Illhof, Kirchröttenbach und Untersdorf. Die Quellfassung befindet sich unmittelbar unter Lillinghof im Malmgehängeschutt. Das Wasser dürfte zum Teil dem Dogger entstammen. Die Fassung muß aber wegen ihrer Lage unmittelbar unterhalb der Siedlung als unhygienisch bezeichnet werden. Ferner sind in Laipersdorf verschiedene Pumpbrunnen im Rhät, die aber meistens nicht mehr benützt werden.

*) Die Pumpbrunnen wurden mit dem verschiedensten Unrat aufgefüllt.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
49	Langenbruckermühle (Weiher)	Brunnen im Alluvium.
50	Letten (Dachstadt)	Leitung aus Dogger bei Bodengrub.
51	Lettenmühle (Dachstadt)	Leitung s. Letten.
52	Lilling	Leitung von der Betzensteingruppe I u. II. Pumpwerk Haselstauden, Quelle im Alluvium, ferner angeschlossen Erlastrut, Sollenberg, Wölfersdorf. (In Lilling sind noch Zisternen in Benützung).
53	Lillinghof (Freyröttenbach)	Verschiedene Leitungen von der Malmquelle unmittelbar am oberen Ende der Ortschaft.
54	Lindenhof (Rüsselbach)	Pumpbrunnen im Quartär angesetzt.
55	Lindenmühle (Rüsselbach)	Pumpbrunnen im Alluvium.
56	Marloffstein	Pumpbrunnen im Rhät (zum Teil sehr hart wegen zusetzender Liaswässer, s. auch chemische Untersuchung). Zwei Quellen aus dem Lias-Gamma, Fassung innerhalb der Ortschaft, daher sehr unhygienisch (große Härte und geringe Ueberdeckung des Einzugsgebietes). Eine Quelle aus dem Rhät, doch besteht die Möglichkeit, daß sie von der Wunderburg her verunreinigt wird. Wunderburg 3 Pumpbrunnen im Rhät.
57	Mausgesees (Herbersdorf)	Pumpbrunnen im Quartär.
58	Minderleinsmühle (Kalchreuth)	Pumpbrunnen im Alluvium.
59	Mitteldorf (Igensdorf)	Private Leitungen aus Quellen im Dogger und Pumpbrunnen ans dem Quartär.
60	Mittelrüsselbach (Rüsselbach)	Gemeindliche Leitung vom Geisberg aus Dogger.

Nr.	(Gemeinde) Siedlungen	verwendeter Grundwasserhorizont
61	Neubau (Kleinsendelbach)	Leitung in Opalinuston angesetzt ca. 4 m tief.
62	Neunhof	Private Leitungen aus Rhät und Pumpbrunnen im Rhät. Welser Stiftung eigene Leitung aus Rhät, daran sind verschiedene Haushaltungen angeschlossen.
63	Neunkirchen a. Brand	Gemeindliche Leitung aus dem Alluvium (Filterbrunnen nördlich von Neunkirchen). Vasold & Schmidt, Brauerei, ebenfalls Leitung aus dem Alluvium nördlich von Neunkirchen (Hauptanlage). Pumpbrunnen im Alluvium, private Leitungen vom Griesberg (Rhät) beim oberen Griesweiher, ferner private Leitung vom Gugelberg (Rhät) aus einem Keller.
64	Neusles (Thuisbrunn)	Gruppenversorgung von der Hammermühle (Kasberggruppe). Ein Gemeindebrunnen im Malm unbenützt.
65	Neusleshof (Pommer)	Quelle und Pumpbrunnen im Doggergehängeschutt.
66	Oberlindelbach (Stöckach)	Private Leitungen aus Dogger.
67	Oberrüsselbach (Rüsselbach)	Private Leitungen aus Malm.
68	Oberschöllenbach	Pumpbrunnen im Rhät und Quartär. (Private elektr. Kleinanlagen mit Druckkessel).
69	Oedhof (Benzendorf)	s. Benzendorf.
70	Pettensiedel	Gemeindliche Leitung aus Quartär (Liaswasser) beim Haselhof. Aufschlüsse waren keine vorhanden. Haselhof an die gemeindliche Leitung angeschlossen.
71	Pommer	Pumpbrunnen im Alluvium und gemeindliche und private Leitungen aus Dogger.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
72	Rangen (Walkersbrunn)	Private Quellen aus Malm (in den Häusern Pumpen).
73	Rathsberg (Atzelsberg)	Pumpbrunnen im Rhät.
74	Röckenhof	Leitung an Kalchreuth angeschlossen (s. dieses). Ein Pumpbrunnen im Alluvium.
75	Rödlas	Genossenschaftliche Leitung und einige private Leitungen aus Dogger.
76	Rosenbach	Pumpbrunnen im Alluvium.
77	Saarmühle (Ermreuth)	Private Leitung aus Dogger unterm Gleisenhof.
78	Schellenberg (Kleinsendelbach)	Pumpbrunnen und private Leitungen aus Rhät, zum Teil äußerst unsauber und unhygienisch.
79	Schleifmühle (Erlangen)	Pumpbrunnen im Alluvium.
80	Schleinhof-Schlonhof (Kleinsendelbach)	Pumpbrunnen im Rhät.
81	Schlichenreuth (Walkersbrunn)	Private Leitungen und Pumpbrunnen aus Dogger u. Doggergehängeschutt.
82	Sendelmühle (Kleinsendelbach)	Pumpbrunnen im Quartär.
83	Sieglitzhof (Erlangen)	Pumpbrunnen und Quellen aus dem Quartär (Brunnen reichen zuweilen wohl in den Burgsandstein hinab).
84	Sollenberg (Lilling)	Leitung s. Lilling. — Zisternen vorhanden.
85	Sonnenberg (Weißenohe)	s. Fuchsberg.
86	Spardorf	Pumpbrunnen im Alluvium zum Teil wohl bis zum Burgsandstein hinabreichend. Haltestelle der Eisenbahn: Pumpbrunnen im Quartär.
87	Steinbach (Kleinsendelbach)	Private Leitungen aus Rhät und Pumpbrunnen aus Quartär bzw. Rhät.

Nr.	(Gemeinde) Siedlungen	verwendeter Grundwasserhorizont
88	Stöckach	Leitung aus Dogger am Südostabfall des Lindelbergs.
89	Tauchersreuth (Beerbach)	Pumpbrunnen aus dem Lias, ferner Widderanlage aus Rhät.
90	Unterlindelbach (Stöckach)	Leitung s. Stöckach.
91	Unterrüsselbach (Rüsselbach)	Gemeindliche Leitung aus Doggergehängeschutt von der Hainburg. Ferner befinden sich zwei Quellen im Dorf mit artesischem Wasser, welche zwar im Alluvium zutage treten, jedoch wahrscheinlich aus dem Lias-Epsilon gespeist werden.
92	Unterschöllenbach	Pumpbrunnen im Quartär.
93	Uttenreuth	Leitung aus dem Alluvium der Schwabach. Pumpbrunnen im Quartär und im Burgsandstein. Eggenhof artesisches Wasser aus einer Bohrung im Sandsteinkeuper.
94	Vogelhof (Großenbuch)	Pumpbrunnen im Keller und Wasserloch vor dem Haus. Der Hof befindet sich nach der geologischen Karte im Bereich von Dogger-gamma bis Epsilon. Wahrscheinlich Sickerwasser aus Gehängeschutt.
95	Walkersbrunn	Leitung aus Doggergehängeschutt (Mürthensbrunnen). Verschiedene private Leitungen aus Dogger und Doggergehängeschutt.
96	Weidenbühl (Rüsselbach)	Pumpbrunnen im Quartär.
97	Weidenmühle (Rüsselbach)	Pumpbrunnen im Alluvium.
98	Weiher	Pumpbrunnen im Quartär.
99	Weinberg (Weißenohe)	s. Igensdorf Dampfziegelei.
100	Weißenberg (Uttenreuth)	Pumpbrunnen im Feuerletten stehend. Geringe zusetzende Wassermengen.

Nr.	Siedlungen (Gemeinde)	verwendeter Grundwasserhorizont
101	Weißenohe	Gemeindliche Leitung aus Dogger. Klösterliche Leitung ebenfalls aus Dogger von der Mönchsleite. Verschiedene private Leitungen aus Dogger. Davon einige an der Straße nach Sollenberg gelegen (sehr unhygienisch, da die darüber liegenden Gehöfte im Einzugsgebiet der Quellen liegen). Neue Leitung der Brauerei Weißenohe vom Dorfhaus aus Dogger mit Malmgehängeschutt.
102	Wellucken (Dormitz)	Verschiedene Pumpbrunnen aus Rhät. Eine Quelle an der Rhät-Lias-Grenze mit kleiner oberflächlicher Wasseransammlung vermutlich auf Rhättonen.

4. Die Tektonik.

Um die Tektonik des Arbeitsgebietes besser herauszuarbeiten, wurde eine Streichkurvenkarte (Abb. 4) desselben entworfen, die auf die Untergrenze der Arietenschichten = Obergrenze des Rhäto-Lias bezogen ist. Im Folgenden wird diese Grenze der Kürze wegen als „Rhätliasgrenze" bezeichnet, obwohl sie dieser (wie oben auseinandergesetzt wurde) nicht genau entspricht, was aber für die Darstellung der Tektonik gleichgültig ist. Die wirkliche Rhätliasgrenze liegt um einen geringen Betrag im Gesamtgebiet tiefer, das Gesamtbild ist das gleiche. Die Streichkurven selbst lassen den Bau des Gebiets nur in großen Zügen erkennen, jedoch schon wesentlich eingehender als in der von Dorn (Nr. 6) veröffentlichten Streichkurvenkarte, die nur eine Uebersicht geben wollte. Doch wäre manches nur durch eine entsprechende Anzahl von Tiefbohrungen genau zu klären. In der erstellten Karte wurden die Schnittpunkte der Rhätliasgrenze mit den Höhenlinien von 10 : 10 Meter von den geologischen Blättern Erlangen-Nord [1]), Erlangen-Süd [2]) und Gräfenberg [3]) übertragen. In dem fehlenden Stück südlich von

1) s. Literaturverzeichnis Nr. 17.
2) s. Literaturverzeichnis Nr. 5.
3) s. Literaturverzeichnis Nr. 3.

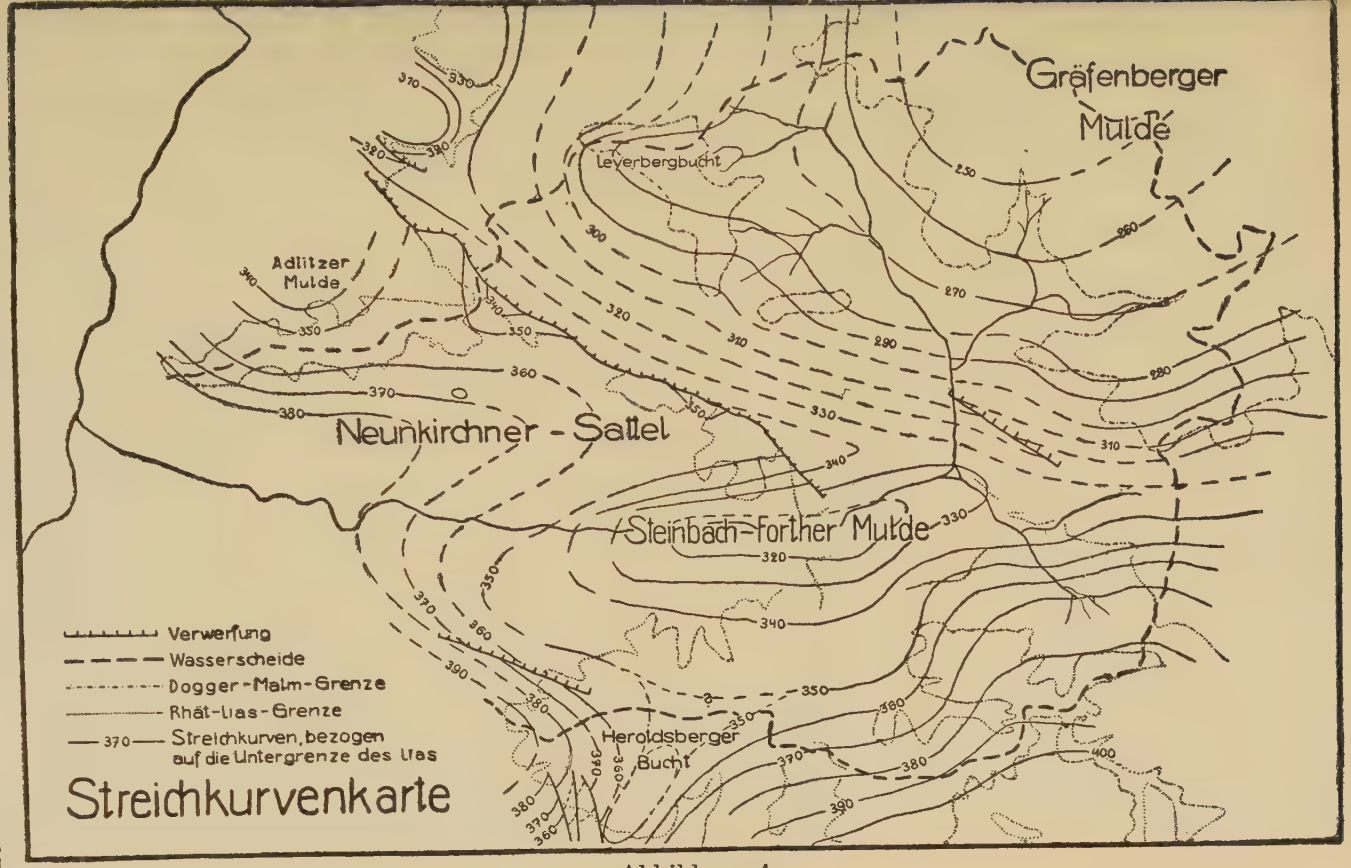

Abbildung 4.
Streichkurvenkarte, bezogen auf die Untergrenze des Lias.

Blatt Gräfenberg wurden von mir selbst mit dem Paulin'schen Höhenmesser alle erreichbaren Grenzen eingemessen, wobei die Höhenangaben des Atlasblattes 1 : 50 000 als Stützpunkte benutzt wurden. Da im nordöstlichen Teil der Lias tief versunken ist, ermittelte ich hier die Lage der Dogger-Malmgrenze und rechnete diese auf die Rhätliasgrenze um. Hierzu dienten die in den Kartenerläuterungen enthaltenen Mächtigkeitsangaben. Um von der Dogger-Malm-Grenze bis zur Rhätliasgrenze zu gelangen, mußte die Mächtigkeit von Lias und Dogger subtrahiert werden. Da die Mächtigkeit des Schichtenstoßes nach Norden hin zunimmt, so wurde dies entsprechend berücksichtigt. Es ergibt sich aus der Karte (Abb. 4) zwischen Steinbach und Forth eine Mulde (Steinbach-Forther-Mulde). Bei Neunkirchen folgt ein Sattel (Neunkirchner Sattel), dessen Achse etwas südlich von Neunkirchen in anscheinend westöstlicher Richtung verläuft. Zu dieser Annahme zwingt der Anstieg aus der Steinbach-Forther-Mulde und der entgegengesetzte Abfall am Rathsbergzug. Die Abgrenzung des Sattels selbst ist rein hypothetisch, was durch die unterbrochenen Kurven angedeutet ist. Zur genauen Festlegung der Kurven stehen an dieser Stelle zu wenig Meßpunkte zur Verfügung. Diese Falten werden durch die lange Verwerfung durchschnitten, die Krumbeck (Bl. Erlangen-Nord) vom Langensendelbacher Gebiet über Baad nach Südosten nachwies und die die Südwestecke von Blatt Gräfenberg (Kartierung von Dorn) schneidet. Diese Verwerfung setzt sich wohl noch weiter nach Südosten fort, ist aber bisher nicht festgelegt. Ihre Verlängerung würde dort in der Streichkurvenkarte ein Absetzen der Kurven, aber keine wesentliche Aenderung des Gesamtbildes ergeben. Der Sprunghöhe der Verwerfung bei Benzendorf, die etwa 25 Meter beträgt (wie aus der Dorn'schen Karte Blatt Gräfenberg hervorgeht), wurde durch Absetzen der Streichkurven Rechnung getragen. Meßpunkte stehen sonst an dieser Stelle nicht zur Verfügung. Wie hier so wurden auch anderwärts die Streichkurven an den Störungen abgesetzt. An der von Dorn vermuteten Störung, die sich von Igensdorf über Dachstadt nach Oberehrenbach hinzieht, wurde nicht festgehalten, da auch Dorn selbst in Blatt Gräfenberg keine Verschiebung der Schichtgrenzen eingezeichnet hat. Die Sprunghöhe der Störung scheint, falls sie überhaupt vorhanden ist, so gering zu sein, daß sie außer acht gelassen werden kann. Die Mulde bei Heroldsberg kann

man entweder als Bucht der Steinbach-Forther-Mulde (Heroldsberger Bucht) oder als gesonderte Eindellung betrachten. Eine Entscheidung muß aus Mangel an Unterlagen unterbleiben; beide Möglichkeiten wurden gestrichelt. Die Bucht im Gebiet des Leyerbergs (Leyerbergbucht) wurde völlig unabhängig von der Hydrographie gefunden, erklärt aber ohne weiteres den Austritt der stärkeren Quellen auf der Ostseite des Berges (z. B. Schwabachquelle). Die Gräfenberger Mulde ist von Grundwasser erfüllt, das nach den Rändern, also nach unserem Gebiet, nur wenig überlaufen läßt (siehe den Gegensatz zwischen Ost- und Westhang des oberen Schwabachtales). Starke Quellaustritte haben wir nur da, wo die Mulde und damit der Grundwasserspiegel tief angeschnitten wurde (Beispiele: Der Kalkbrunnen in Gräfenberg oder die starke Quelle der Lillach, sogen. Lillingerbrunnen, am Fuß des Dornberges). Dort erhalten wir dann sehr hohe Schüttungen.

Deutlich zeigt ferner die Streichkurvenkarte das Einfallen der Schichten nach Norden am Rathsberg-Marloffsteiner Höhenzug, wodurch der Austritt von Quellen besonders am Nordhang bedingt ist, während am Südhang fast gar keine austreten. Wo im Norden außerhalb unserer Karte das Gebiet des Walberla angrenzt, hat die Kartierung von Joos (11 a) die gleichsinnige Fortsetzung unserer Kurven erwiesen.

Die Schwabach selbst bewegt sich in ihrem Oberlauf entgegengesetzt zum Einfallen der Schichten, durchfließt dann die Steinbach-Forther-Mulde und durchschneidet den Neunkirchener Sattel wahrscheinlich etwas südlich von der Sattelachse. Sie hat den Sattel zum Teil ausgeräumt.

5. Der Wasserhaushalt des Gebiets.

a) Niederschläge.

Für den Niederschlag standen zwei Stationen (Erlangen 280 m und Gräfenberg 450 m) zur Verfügung. Die Erlanger Werte sind die Durchschnittswerte aus verschiedenen Einzelstationen. In Gräfenberg besteht nur eine Meßstelle. Es wurde graphisch dargestellt, wie sich unter Zugrundelegung der Niederschläge dieser beiden Stationen und ihrer Höhenlage die Zunahme der Niederschläge für alle innerhalb unseres Gebiets vorhandenen Höhen vollzieht.

Dann wurde das Gebiet in zwei Flächen zerlegt, von welchen die eine alle Höhen von 280—400 m umfaßt, die andere alle Höhen von 400—520 m. Die Grenze von 400 m ist auch insofern zweckmäßig, als sie ungefähr da liegt, wo der Dogger- und Malmanstieg einsetzt. Sie entspricht somit auch den natürlichen Reliefverhältnissen. Für das Gebiet von 280—400 m Meereshöhe errechnete ich auf Grund der graphischen Darstellung unter Zugrundelegung der Beobachtungsreihen von 1921—1935 (d. i. der Zeitraum, für den mir auch die Pegelbeobachtungen an der Ludwigsbrücke zur Verfügung stehen) einen durchschnittlichen Niederschlag von 727 mm pro Jahr. Für die Flächen von 400—520 m Geländehöhe errechnete sich der mittlere Jahresniederschlag für den gleichen Zeitraum mit 824 mm. Rechnet man nun die Niederschlagsmengen auf die beiden Flächen um, so ergibt sich für den tiefer gelegenen Teil eine Menge von 3,11 m³/sek., für den höher gelegenen Teil von 1,36 m³/sek., für das Einzugsgebiet des Pegels an der Ludwigsbrücke somit ein Gesamtniederschlag von 4,47 m³/sek. Als Unterlage (auch für die Pegelmessungen) dienten mir die Veröffentlichungen im Jahrbuch für Gewässerkunde, sowie die Originalaufzeichnungen der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, deren Einsicht mir freundlichst gestattet wurde.

b) Die Verdunstung.

Direkte Verdunstungsmessungen für das Schwabachgebiet sind mir nicht bekannt. Es soll daher versucht werden, auf indirektem Wege ein Urteil zu gewinnen über den Anteil des Niederschlages, welcher durch Verdunstung wieder in die Luft geht. Legt man einen großen Zeitraum für die Untersuchung zugrunde, dann schwindet die durch den „unterirdischen", aber durch die Quellen dem Fluß wieder zuströmenden Abfluß bedingte Unsicherheit fast ganz. Man kann dann für die Summe der Niederschläge fast völlige Gleichheit mit den Summen aus Abfluß und Verdunstung setzen, soweit nicht unterirdischer Abfluß aus dem Gebiet hinausgeht. Für die Zeitspanne von 1921—1935 ergaben die Beobachtungen folgende Mittelwerte:

Niederschlag	4,47 m³ pro Sekunde
Abfluß	1,49 m³ pro Sekunde
Differenz	2,98 m³ pro Sekunde.

Letzterer Wert gibt die Verdunstung im Mittelwert von 1921—1935 an, d. i. den Betrag, welcher wirklich zur Verdunstung gelangen muß, wenn die hydrologische Grundgleichung Niederschlag = Abfluß + Verdunstung erfüllt sein soll.

Um Aufschluß zu erhalten, wieviel Wasser im Schwabachgebiet überhaupt verdampfen kann, benützte ich (ebenso wie H e ß bei der Bearbeitung des Pegnitzgebietes) die Zahlenreihen, welche bei Verdunstungsmessungen der Preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde von 1908—13 erhalten wurden (die einzelnen Werte s. Heß, [1]) S. 167). Da die Verdampfung in der mittleren Höhe des Schwabachgebietes eine andere ist als diejenige am Grimnitzer See mit einer Höhe von 90 m ü. M., so wurde der in Grimnitz gefundene Wert um 10 % verringert (Heß, S. 167, 24). Demnach ist die maximale, durch die Luft aufnehmbare Dampfmenge mit 2,94 m³/sek. anzurechnen. Man bemerkt, daß die wirklich zur Verdunstung vorhandene Wassermenge von 2,98 m³/sek., welche sich als Differenz von Niederschlag und Abfluß ergibt, etwa ebenso groß ist als die Höchstmenge, die von der Luft in Dampfform aufgenommen werden kann. Für den Zeitraum von 1921—1935 bleibt also unter Anwendung der obigen Zahl für die maximal mögliche Verdunstung die Bilanz des Wasserhaushalts für das Schwabachgebiet innerhalb der Bedingung Niederschlag = Abfluß + Verdunstung.

c) Abfluß.

Dieser setzt sich hier an der Pegelstelle aus dem ober- und unterirdischen Abfluß zusammen. Alle die Quellen, die im Schichtstufenland zutage treten oder wieder versickern, treten im Hauptfluß wieder in Erscheinung, falls sie nicht unterirdisch aus dem Gebiet hinausströmen (s. Versickerung). Von der mittleren Niederschlagsmenge von 4,47 m³/sek. kommen 1,49 m³/sek. am Pegel Ludwigsbrücke zum Abfluß. Dies macht 33⅓ % aus. Diese Zahl gibt den Mittelwert des Abflußkoeffizienten für den ganzen Beobachtungszeitraum von 1921 mit 1935.

d) Versickerung.

Sie zerfällt erstens in den Teil, der vom Niederschlag in den Untergrund eindringt und als Quelle wieder austritt, sodaß er der Schwabach zufließt und im Gesamtabfluß enthalten ist. Zweitens in

1) s. Literaturverzeichnis Nr. 10.

einen Teil, der sich der mengenmäßigen Erfassung infolge der Abweichung zwischen ober- und unterirdischer Wasserscheide entzieht und anderen Flußsystemen unterirdisch zuströmt. Auch können beträchtliche Mengen Wasser in lockeren Aufschüttungen an der Mündung der Flüsse dem Vorfluter unterirdisch zuströmen, ohne das dies durch Pegelmessungen erfaßt werden kann. Dies wurde nun für das Schwabachgebiet einer genaueren Untersuchung unterzogen. Erwähnt sei hier die Schwabachquelle, die künstlich gefaßt, in ein anderes Entwässerungsgebiet abgeführt wird (s. auch Kap. 2). Ihre Schüttung mit maximal 3 Sek. Liter kann hier ohne weiteres vernachlässigt werden mit Rücksicht auf die geringe Menge. Ueberhaupt fällt der zweite Teil der Versickerung, bei dem Wasser dem Gebiet verloren geht, bei dem Schwabachgebiet nicht ins Gewicht, da nach obiger Berechnung der Wasserhaushalt aufgeht. Nach der Streichkurvenkarte stimmt zwar die oberirdische Wasserscheide mit der unterirdischen nicht überein (s. Kap. 4, Tektonik). Es werden aber offenbar die Verluste durch unterirdischen Abfluß durch einen ebenso großen unterirdischen Zufluß ausgeglichen. Ein unterirdischer Abfluß kann stattfinden vom Rathsberg-Marloffsteiner Höhenzug nach Norden hin zur Adlitzer Mulde, ferner aus der Gräfenberger Mulde nach Norden hin zum Trubachtal. Unterirdische Zuflüsse dagegen können hauptsächlich von Süden her gegen die Steinbach-Forther-Mulde erfolgen.

Wenn sich also hier Zufluß und Abfluß einigermaßen auszugleichen scheinen, so ist noch zu prüfen, ob unter der Terrasse der Schwabach, die innerhalb von Erlangen in die Regnitzterrasse übergeht, ein großer Verlust durch unterirdischen Abfluß vorliegt, der nicht durch das Schwabachwasser erfaßt wird. Zu diesem Zweck wurde, soweit die vorhandenen Unterlagen reichen, eine Karte des Untergrundes von Erlangen entworfen. In Abbildung 5 ist dargestellt, wie etwa das Relief des anstehenden Keupers unter der Quartäraufschüttung aussieht. Die Unterlagen sind allerdings nur lückenhaft da erst seit drei Jahren eine planmäßige Sammlung erfolgte und die alten Angaben durch die vielfachen Straßenumbenennungen und Umnummerierungen sehr mühsam und teilweise nur unter Zuhilfenahme alter Pläne einzutragen waren. Auch hierbei war die örtliche Lage der einzelnen Punkte oft nicht mit Sicherheit zu ermitteln. Sehr zustatten kam mir die genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse. Im Laufe der Jahre wird sich durch neue Auf-

schlüsse ein genaueres Bild entwerfen lassen. Aber soviel ist schon bisher zu erkennen, daß eine alte Rinne der Schwabach in Richtung Kuttlerstraße-Volksküche, Theater-Theaterplatz, Katholischer Kirche-Verwaltungsgebäude der Heil- und Pflegeanstalt-Hindenburgstraße verläuft. Diese Rinne ist bereits aus dem Profil von Geigenberger ersichtlich. Somit ist die Schwabach vor der Diluvialaufschüttung etwas weiter südlich geflossen, nach Aufschüttung der Terrasse wurde ihre Mündung weiter nach Norden verlegt. Wir sehen also die gleiche Tendenz wie sie Birzer (1) weiter südlich von mehreren Flußmündungen beschrieben hat. Ob im Untergrund noch eine nördliche Rinne vorhanden ist und die Verhältnisse den von Birzer in Fürth nachgewiesenen Vorgängen genau entsprechen, dazu reichen die Punkte über die Lage des Untergrundes an der Schwabach selbst nicht aus. Eine zweite kürzere Rinne wurde durch die Aufschlüsse der im Bau befindlichen Bahnunterführung durch Bohrungen nachgewiesen, die mir vom Reichsbahn-Neubauamt überlassen wurden. Ihre genaue Fortsetzung nach Osten ist unsicher. Eine dritte Rinne verläuft wohl in der Richtung des Röthelheims, dafür spricht die Grundwasserkarte, sowie die Reliefkarte, jedoch reichen die Punkte nicht aus, um diese Rinne genau festzulegen.

Die Abbildung 6 zeigt nun die Grundwasserstände. Diese sind erstens nach der Arbeit von Geigenberger eingetragen; heute sind die Brunnen größtenteils nicht mehr in Betrieb, auch sind die natürlichen Grundwasserstände gestört. Zweitens wurden in der Südwestecke zwischen Kanal und Regnitz, sowie südwestlich vom Zentralfriedhof die Ergebnisse von Grundwasserstandsmessungen eingetragen, welche im Jahre 1927 von der Baumwoll-Industrie A.G. durchgeführt und mir freundlichst zur Verfügung gestellt wurden, wofür ich auch hier bestens danke. Da diese Messungen zu einer anderen Zeit durchgeführt wurden wie die des übrigen Kartenanteils, verbietet sich eine direkte Verbindung. Eine solche ist auch deshalb nicht möglich, weil größtenteils aus dem entsprechenden Teil (nämlich dem Terrassenrand) im Hauptteil der Karte keine Unterlagen vorhanden sind. Gerade deshalb aber wollte ich auf die Wiedergabe der durch die Baumwoll-Industrie A. G. durchgeführten Messungen nicht verzichten, denn es handelt sich dabei um den einzigen Stadtteil, in welchem der Uebergang zur Regnitzaue genau bekannt ist.

Aus Karte Nr. 6 geht zunächst hervor, daß die Reliefverhältnisse, wie sie Abb. 5 in großen Zügen zeigt, richtig sein müssen. Denn wo Täler des Untergrundes festgestellt wurden, da zeigen sich auch Einsenkungen in der Grundwasserwelle. In aller Deutlichkeit kehren also die Tälchen wieder. Das von Südosten zum Untergrund der Stadt hereinströmende Grundwasser wird durch diese Tälchen nach Westen abgelenkt und der Regnitzaue zugeführt, bevor es den heutigen Schwabacheinschnitt erreicht. Wenn wir aber die Herkunft des Grundwasserstromes ermitteln, so ergibt sich, daß er größtenteils von Südosten aus dem Gebiet jenseits (südlich) unserer Wasserscheide hereinströmt. Aus der geologischen Karte Dorn's (Blatt Erlangen-Süd) geht hervor, daß die jungen Aufschüttungen durch einen Rücken des Untergrundes getrennt werden, der vom Exerzierplatz nach Südosten streicht. Es dürfte somit das südwestlich von diesem Rücken liegende Gebiet, welches das Einzugsgebiet der Aufschüttungen darstellt, mit dem Grundwasser der Schwabachterrasse südlich von Buckenhof nur in sehr unvollkommenen Zusammenhang stehen. Das Grundwasser also, welches unter dem größten Teil der Stadt Erlangen nach der Regnitz durchfließt, gehört in der Hauptsache nicht in das Einzugsgebiet der Schwabach. Es wird somit die Bilanz des Grundwasserhaushaltes, wie wir sie oben errechnet haben, durch diesen Grundwasserstrom nicht gestört. Im nördlichen Teil der Stadt Erlangen wird etwas Grundwasser der Regnitzaue zugeführt werden, welches noch innerhalb des Einzugsgebietes der Schwabach anfällt. Diese Mengen sind jedoch sicherlich so gering, daß sie bei der Gesamtbilanz nicht ins Gewicht fallen. Ueberdies strömen wohl in der Schwabachterasse von Buckenhof her überhaupt keine nennenswerten Grundwassermengen, da die Terrassen sehr schmal und die Aufschüttungen vielfach zerschnitten sind. Die Gemeinde Buckenhof zieht deshalb vielfach zu ihrer Wasserversorgung das dort im tieferen Untergrund vorhandene artesische Wasser heran.

6. Schüttung und jährlicher Gang.

Um den jährlichen Gang des Grundwasserspiegels zu verfolgen, wurden in meinem Arbeitsgebiet etwa 30 Quellen und Brunnen in den verschiedenen geologischen Horizonten monatlich zweimal (Anfang und Mitte des Monats) der Beobachtung unterzogen und

zwar vom Juni 1934 bis Februar 1936. Lediglich von Forth-Bullach stand mir zur Ergänzung meiner Messungen eine kurze Beobachtungsreihe vom 5. 4. 34 mit 18. 6. 34 zur Verfügung, die mir Herr Regierungsbaumeister Büttner freundlichst überlassen hat. Die Messung des Wasserstandes in den Brunnen nahm ich so vor, daß ich von einer bestimmten Marke aus die Gesamttiefe [1]) eines Brunnens einmaß und die Spiegelschwankungen in der folgenden Zeit auf die angebrachte Marke bezog. Für die Messung des Abstandes von der Marke bis zum Wasserspiegel des Brunnens erwies sich nach einigen Versuchen (mit der Brunnenpfeife, einer mit Kreide bestrichenen Stange und einer elektrischen Lampe) ein Stahlmeßband mit Lot, das vor diesem Lot etwa 1/2 m mit Kreide bestrichen war, am geeignetsten. Auf diese Weise konnte oben an der Marke genau abgelesen und das eingetauchte Bandstück in Abzug gebracht werden. Die Messung erfolgte etwa auf 1/2 cm genau.

Für die Quellenmessungen wurde ein 1 Liter haltendes Meßgefäß verwendet, welches von 250 ccm zu 250 ccm unterteilt war. Die zur Füllung des Gefäßes erforderliche Zeit wurde mittels einer Präzisions-Stoppuhr mehrmals abgenommen und gemittelt, um die Wassermenge pro Zeiteinheit (Schüttung) feststellen zu können. Für größere Schüttungen wurde eine 8 Ltr. Wanne und, wenn nötig, auch größere Gefäße verwendet. Die Temperaturen wurden bei Quellen mittels eines Normathermometers mit $^1/_{10}$ Gradteilung fortlaufend gemessen.

Eine besondere Schwierigkeit bei derartigen Quell- und Brunnenmessungen liegt darin, gleich zu Beginn der Meßperiode diejenigen Brunnen und Quellen auszusuchen, bei denen eine ungestörte Beobachtung über Jahre möglich ist. Dies erscheint wohl am Schluß der Messungen unschwierig, zu Beginn jedoch können die verschiedenartig auftretenden Störungen nicht vorhergesehen werden. So hatte ich außer den genannten noch eine ganze Reihe Brunnen in die Beobachtungen eingezogen, die dann teils nach kurzer, teils nach längerer Zeit sich als unbrauchbar erwiesen. Auch das übermäßige Anwachsen der Schüttung erschwert die Messungen erheblich. Es reichen dann meist die üblichen Quellfassungen nicht aus, diese werden undicht und nur durch besondere Vorrichtungen kann dann die stark angeschwollene Wassermenge einigermaßen erfaßt werden.

1) In den Abbildungen und in den Tabellen ist der Wert für a eingetragen Entstanden aus A (Gesamttiefe) —b (von der Marke bis zum Wasserspiegel) = a.

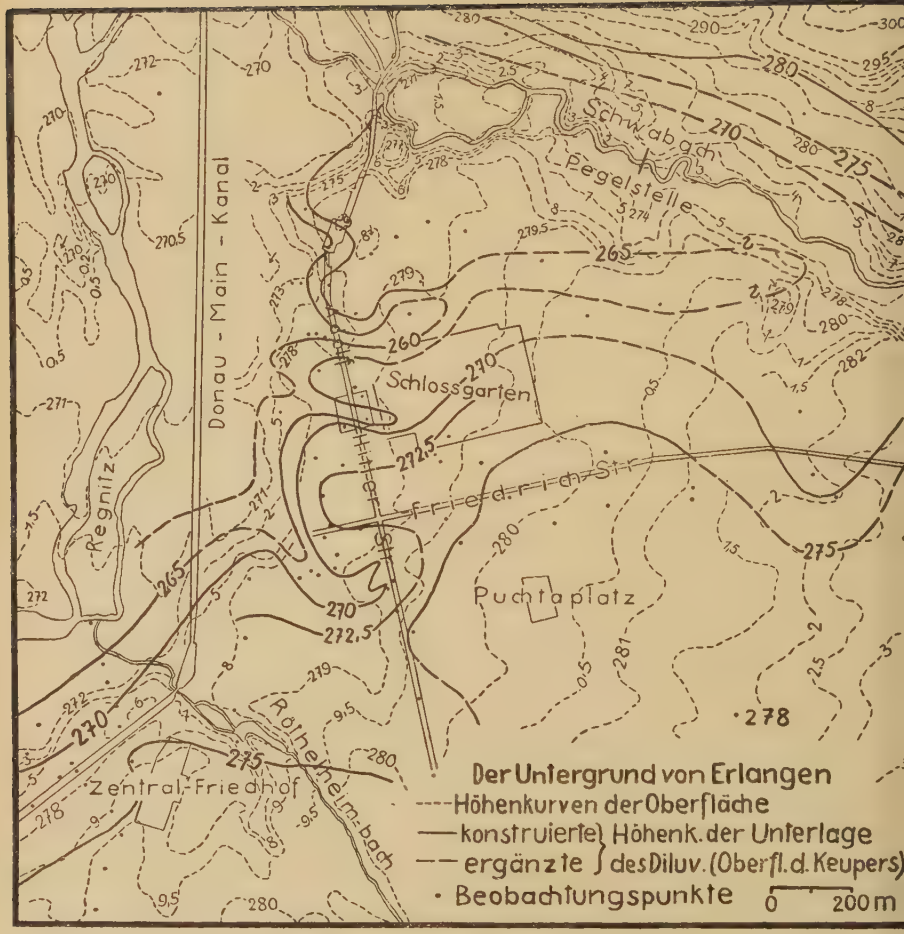

Abbildung 5.

Zur Auswertung der Beobachtungen wurden diese zeichnerisch dargestellt, und zwar wurden jeweils die Anfang und Mitte des Monats gemessenen Werte als Ordinaten und die Zeit als Abszissen aufgetragen und zu den Niederschlagskurven in Beziehung gesetzt. Für letztere legte ich die an den Beobachtungsstellen Erlangen und Gräfenberg vom Reichswetterdienst aufgenommenen Werte zu Grunde. Beim Vergleich bezog ich mich für die Grundwässer im Keuper, Lias und Quartär auf die Beobachtungsstationen Erlangen, für den Dogger und Malm auf die Aufzeichnungen von Gräfenberg.

Abbildung 6.

Dies entspricht einigermaßen den Verhältnissen des Reliefs. Es zeigt sich übrigens, daß die Wahl der Stationen für unsere Zwecke keine große Bedeutung hat, da wir nicht die absoluten Niederschlagsmengen, sondern die relativen, d. h. die Auf- und Abstiegskurven, mit der Kurve des Grundwasserstandes vergleichen. Bei einem Vergleich der Niederschläge von Gräfenberg und Erlangen stellt sich heraus, daß die Niederschlagsmaxima und -minima zusammenfallen und auch die Kurven bei den einzelnen Schwankungen ein weitgehend ähnliches Verhalten zeigen. Da die Grundwasserbeobachtun-

gen halbmonatlich angestellt wurden, habe ich auch die Niederschläge halbmonatlich zusammengefaßt, und zwar zeigen die einzelnen Niederschlagsbalken die Gesamthöhe für den betreffenden halben Monat. Die Grundwasserstände bezw. Quellenschüttungen wurden am Tage der Beobachtung eingetragen. Die Methode ergibt sich aus einer Betrachtung der Abbildungen 7 und 8.

Zur Auswertung der Tatsachen zog ich alle Kurven heran; da eine Veröffentlichung aller nicht möglich ist, wählte ich nun aus jeder Formation eine charakteristische Kurve heraus und unterziehe sie im folgenden einer genaueren Betrachtung. (Im Anhang sind alle Beobachtungen in Tabellenform wiedergegeben, woraus nötigenfalls die übrigen Kurven gezeichnet werden können).

Dabei zeigt sich vor allem, daß die Gesteine mit großem Porenvolumen einen stetigeren Verlauf ihrer Kurven zeigen, als solche mit kleinem Porenvolumen. Die Kurve des Schleifmühlbrunnens, welcher in lockeren alluvialen Aufschüttungen steht, ist vollkommen kontinuierlich. Die Sickerzone ist etwa am Ende des Jahres 1934 und 1935 ausgefüllt. Die Niederschläge machen sich bis zu dieser Zeit äußerst gering bemerkbar und werden fast vollständig zum Auffüllen der Sickerzone verbraucht. Der Anstieg vom niedersten Stand am 5. Nov. 1934 bis zum höchsten am 2. Mai 1935 beträgt 106,5 cm. Nach Auffüllung der Sickerzone führen stärkere Niederschläge in der zweiten Aprilhälfte nochmals zum größten Maximum von 1934/35 anfangs Mai. Im allgemeinen kann festgestellt werden, daß sich stärkere Niederschlagsperioden nach spätestens etwa einem halben Monat geltend machen (vergl. 15. 8. 34; 15. 2. 35; 1. 5. 35; 1. 9. 35; 1. 11. 35 usw.). Ob die Reaktion schon früher eintritt, kann wegen der vierzehntägigen Messungen nicht immer festgelegt werden. Wo aber eine Messung wenige Tage nach dem 1. oder 15. erfolgt ist, (also nach dem Ende der zusammengefaßten Niederschlagsperioden), da zeigt sich, daß der Grundwasserspiegel bereits früher ansteigt.

Der Schleifmühlbrunnen steht, wie bereits erwähnt, in Aufschüttungen, die ein ziemlich großes Porenvolumen und keine Klüfte haben. Das gleiche gilt vom Brunnen in Buckenhof, der in diluvialen Sanden gegraben wurde. Seine Kurve zeigt eine noch größere Ausgeglichenheit wie die des vorigen. Die Sickerzone ist wohl im November aufgefüllt. Von da ab bedingen die weiteren Niederschläge ein ständiges gleichmäßiges Ansteigen des Wasserstandes.

Die Zunahme beträgt 88,5 cm vom 3. 11. 34 bis zum 4. 6. 35. Der Brunnen in Buckenhof reagiert ebenfalls spätestens innerhalb eines halben Monats auf die Niederschlagsperioden. Nach Auffüllen der Sickerzone stimmen die Hauptmaxima des Brunnens mit den maximalen Niederschlägen überein. Die kleineren Bewegungen gehen aus einem Vergleich der Niederschlagskurve mit der Wasserstandskurve hervor.

Die weiteren Beispiele werden zeigen, daß der Verlauf der Kurven und damit die prozentuale Zu- und Abnahme der Schüttung und des Wasserstandes in enger Beziehung zum Porenvolumen und zur Klüftung stehen. Das eine Extrem sind lockere Aufschüttungen mit erheblich großem Porenvolumen, das andere sind Kalkgesteine, die fast kein Porenvolumen und nur starke Klüftung aufweisen. Man muß sich das wohl so vorstellen, daß sich die Niederschläge in Aufschüttungen flächenhaft ausbreiten können und das verhältnismäßig große Porenvolumen langsam auffüllen. Daraus folgt eine geringe Zunahme des Wasserstandes und der Schüttung. Dagegen kann in klüftigen Kalksteinen fast kein Niederschlag in die Gesteins-Poren eindringen, das Wasser staut sich in den Klüften hoch, füllt diese rasch an, eine flächenmäßige Ausbreitung der Niederschläge im Gestein selbst ist nicht möglich. Die Klüfte führen das Wasser verhältnismäßig rasch ab, es entstehen vorübergehend große Schüttungen. Daher sind die Kurven solcher Brunnen und Quellen äußerst unstetig, die prozentuale Zu- bezw. Abnahme ist sehr groß. Zwischen diesen beiden Gesteinstypen lassen sich die übrigen Gesteine meines Gebietes mehr oder weniger einreihen. Manche zeigen Angleichungen an beide Typen, manche nur an den einen oder den anderen.

Um die vorher aufgestellte Behauptung näher zu begründen, lasse ich hier gleich die Besprechung einer Kurve aus einem klüftigen Kalkgestein folgen, nämlich aus dem Malm-beta vom Streitbaum. Sie hat einen sehr unstetigen Verlauf. Ihre Zunahme beträgt vom 15. 10. 30 bis 20. 2. 35 19 500 %. Sie zeigt schon im Februar 1935 das größte Maximum. Die Sickerzone ist zwar erst um die Jahreswende aufgefüllt, aber dann folgt ein mächtiger Anstieg vom 13. 1. 35 bis 20. 2. 35 um 233 %. Ebenso rasch erfolgt der Abfall vom 20. 2. 35 bis 16. 3. 35 um 90 % des Höchstwertes in einem Monat, dann in den nächsten anderthalb Monaten vom 16. 3. 35 bis 2. 5. 35 wieder ein Anstieg um 668 % usw. Besonders auf-

fällig ist bei dieser Quelle die Zacke der Schüttungskurve im November 1935, wo vermutlich nach Auffüllen der Sickerzone nach einem kräftigen Niederschlag gleich ein Anstieg vom 15. 10. 35 bis 1. 11. 35 um 405 % erfolgt. 1935 ist die Sickerzone schon im November aufgefüllt, während dies 1934 erst um die Jahreswende eintritt. Die Auffüllung dauert daher in den einzelnen Jahren verschieden lang je nach den Niederschlägen und dem Grad der Austrocknung des Bodens.

Die wiedergegebene Burgsandsteinkurve stellt wohl eine Mischung aus beiden Typen dar. Der Burgsandstein trägt Wasser sowohl in Klüften wie in Poren. Im großen und ganzen ist die Kurve recht unstetig. (Manche Absenkung dürfte zwar vom starken Abpumpen herrühren.) Die Sickerzone ist hier bis zum November 1934 und zum November 1935 aufgefüllt, sodann genügen selbst geringe fortdauernde Niederschläge, um den Wasserspiegel plötzlich stark anzuheben (November 1934 und Januar 1936). Der Anstieg im November 1934 beträgt innerhalb von eineinhalb Monaten vom 1. 11. 34 bis 17. 12. 34 157 cm. Ein Vergleich mit der Niederschlagskurve zeigt, daß sich die Niederschläge ziemlich schnell auswirken. Man dürfte annehmen, daß bei diesem Brunnen die Wasserführung auf Klüften einen sehr wesentlichen Anteil hat. Bei den übrigen Beispielen aus den Sandsteinen meines Arbeitsgebietes, dem Rhätsandstein und dem Doggersandstein ist der Verlauf der Kurven ausgeglichener. Die Klüftung scheint gegenüber dem Porenvolumen bei den angeführten Beispielen nicht dieses Uebergewicht zu haben. Die Quelle von Forth-Bullach im Rhätsandstein hat eine fast vollkommen ausgeglichene Kurve. Die Sickerzone ist um die Jahreswende 34/35 aufgefüllt. Bis dahin machen sich die Niederschlagsmaxima fast überhaupt nicht geltend, erst von da ab rufen stärkere Niederschläge eine größere Schüttung hervor, und zwar hinkt diese den Niederschlägen höchstens innerhalb eines halben Monats nach. Der größte Anstieg beträgt nur 118 % in 4½ Monaten. Man sieht also, der Anstieg ist verhältnismäßig gering und sehr langsam. Man könnte daraus schließen, daß das Porenvolumen groß ist, andernfalls müßte angenommen werden, daß das Gestein extrem stark zerklüftet ist, sodaß die Klüftung sich wie ein größeres Porenvolumen verhält.

Als Beispiel für den Doggersandstein ist die Schwabachquelle (südliche Fassung) wiedergegeben. Auch ihr Verlauf ist

ziemlich stetig, ein Auffüllen der Sickerzone kann nicht beobachtet werden. Ebenso kommen die maximalen Niederschläge im April und Juni 1935 in der Schüttungskurve nicht doppelzackig, dagegen etwa einen halben Monat später in einem gemeinsamen Maximum zur Geltung. Die Gesamtzunahme vom Minimum am 20. 11. 34 bis zum Maximum am 19. 6. 35 beträgt 135 %, vorausgesetzt, daß der Stand vom 1. 12. 34 der niedrigste ist.

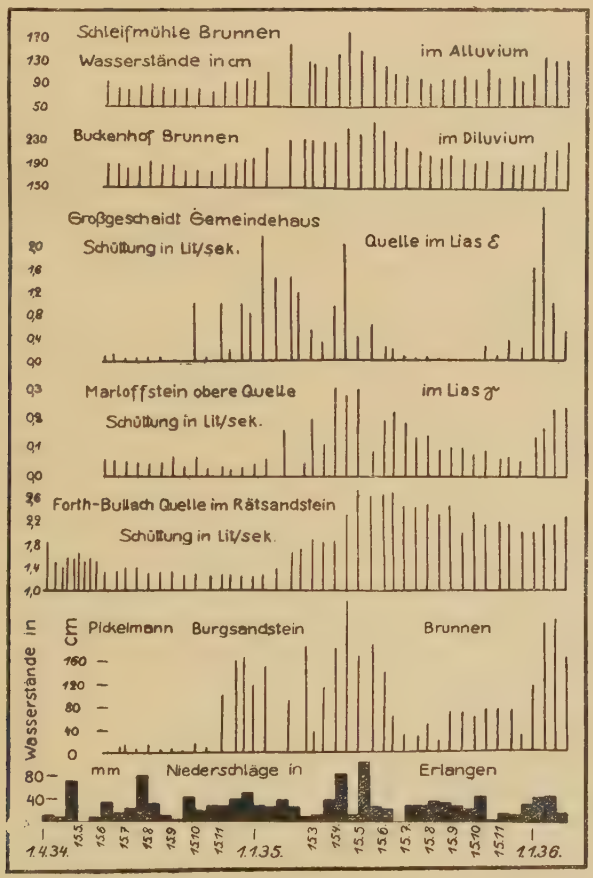

Abbildung 7.

Von den Gesteinen meines Gebietes wäre noch der Lias-epsilon zu nennen. Die Kurve Großgeschaidt, Gemeindehaus, ist wieder sehr charakteristisch für klüftige Gesteine ohne beachtliches Porenvolumen. Ihr Verlauf ist sehr sprunghaft. Vom Juni bis Ok-

tober 1934 dienen alle Niederschläge nur dazu, die Sickerzone aufzufüllen und machen sich in der Quellschüttung fast gar nicht, vom Oktober ab dagegen sprunghaft bemerkbar. So steigt plötzlich vom 15. 9. 34 bis 15. 10. 34 die Schüttung um 14 393 % an, um dann wieder abzufallen. Dies wiederholt sich fortlaufend, wie die Abbildung zeigt. Ein genauer Vergleich mit den Niederschlägen ist kaum möglich, weil hier vierzehntägige Schüttungsmessungen zu wenig sind.

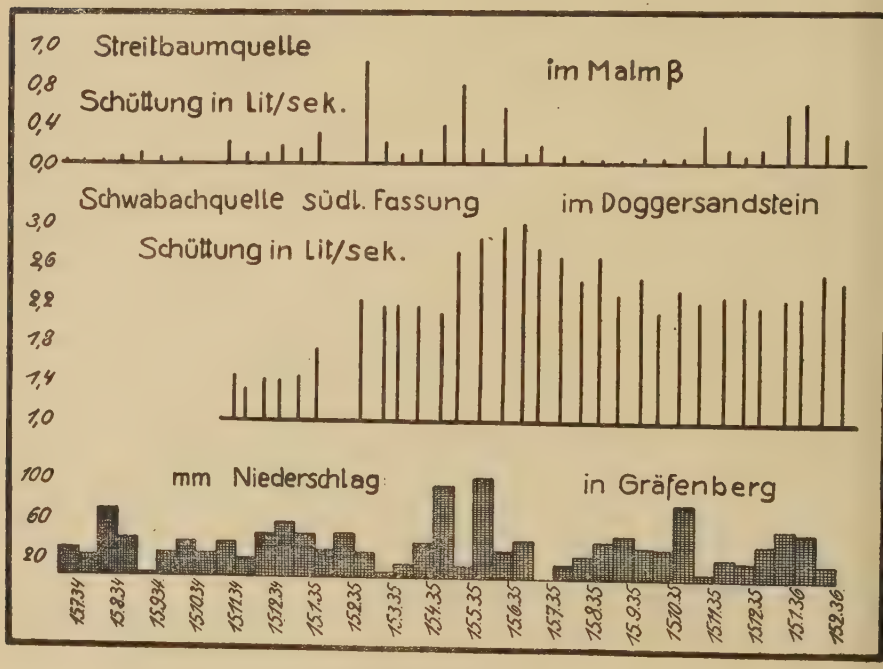

Abbildung 8.

Ein- bis zweitägige Messungen würden hier eher einen Vergleich zulassen. Die Schüttung steigt im Lauf eines Jahres von 0 bis über 2 secliter. Auffallend ist, wie um die Jahreswende 34/35 eine größere Reihe mittlerer Niederschläge das größte Maximum des Jahres bedingen, während die größere Niederschlagsmenge am 15. 5. 35 kaum zur Geltung kommt.

Erwähnt seien noch die Lias-gamma Mergel. Als Beispiel ist die Kurve der oberen Quelle in Marloffstein wiedergegeben. Sie stellt ein Mittelding zwischen dem klüftigen Kalkgestein und

den lockeren Aufschüttungen dar (vermutlich infolge weitgehender Klüftung). Die Sickerzone ist etwa um die Jahreswende 34/35 aufgefüllt. Die gefallenen Niederschläge machen sich etwa in einem halben Monat geltend. Die Zunahme ist im allgemeinen ziemlich sprunghaft, so beträgt diese vom 1. bis 16. April 1935 158 %, die Gesamtzunahme vom 30. 11. 34 bis 16. 4. 35 etwa 1173 %.

Zusammenfassend sei nochmals erwähnt, daß die Grundwasserstände und Schüttungen weitgehend von der Gesteinsart der Wasserträger abhängig sind. Insbesondere lassen sich drei Gruppen von Wasserträgern mit verschiedenartigem Verhalten unterscheiden: lockere Aufschüttungen, Sandsteine und Kalke.

Allerdings werden in einigen Fällen auch rein örtliche Umstände die Brunnenstände und Quellschüttungen beeinflussen. So dürfte die geringe Zunahme einer Lias-epsilon-Quelle in Hetzles um nur 472 % vom 1. 10. 34 mit 30. 4. 35 (gegenüber bis zum fünfzigfachen Betrag der Schüttung bei anderen Lias-epsilon-Quellen) auf ein sehr geringes Einzugsgebiet zurückzuführen sein. In anderen Fällen spielen wohl auch Umstände eine Rolle, die sich in ihrer Gesamtheit nicht ohne weiteres erfassen lassen, wie z. B. der geringe Anstieg eines Lias-epsilon Brunnens um nur 128 cm vom 1. 10. 34 bis 29. 4. 35 in Großgeschaidt.

7. Die chemische Beschaffenheit.

a) Untersuchungsmethode.

Insgesamt wurden etwa 300 Titrationen ausgeführt, die sich auf die Bestimmung der deutschen Härte, des Sulfat-, Eisen- und Mangangehaltes verteilen. Jede Bestimmung wurde zweimal vorgenommen und zwar die Härte nach Wartha-Pfeifer aus Treadwell II, (Nr. 33, S. 443—445). Sulfat nach Lunge-Berl I. [1]) jodometrisch, Eisen nach O. Mayer durch Farbvergleich unter Verwendung von Rhodan-salzlösung als Reagenz [2]) und Mangan ebenfalls kolorimetrisch [3]). Besonderer Wert wurde darauf gelegt, daß die Wasserproben meist noch am gleichen Tage verarbeitet wurden, an dem sie entnommen waren, da sonst im Wasser Veränderungen vor sich gehen können. Diese Bedingung macht zwar die Heranbringung der Proben etwas umständlicher, da fast jede für sich im

Gelände geholt werden muß, bietet aber den vorher erwähnten Vorteil. Entnommen wurden von jedem Wasser etwa 3 Liter und zwar so nah als möglich am Austritt der Quelle und fast ausschließlich bei großer Trockenheit, sodaß eine Verdünnung der Quellwässer durch zusitzende Wässer von kurz vorher erfolgten Niederschlägen ausgeschlossen war. Die Proben wurden in 1 Ltr. Rollflaschen mit Schliff in einem eigens dafür gefertigten Koffer mit dem Kraftrad zum Verarbeitungsort gebracht. Der Koffer bot die Möglichkeit, die Glasstopfen durch einen aufschraubbaren Deckel zu befestigen, sodaß eine Lockerung während des Transports ausgeschlossen war. Das Wasser mußte teilweise vor der Verarbeitung filtriert werden, um Organismen und feste Bestandteile zu entfernen. Bei Wässern, in denen sich schon am Quellaustritt Eisenhydroxyd ausgeschieden hatte, mußte natürlich ein Filtrieren unterbleiben. Hier wurde dann durch kräftiges Schütteln eine möglichst gleichmäßige Verteilung des ausgeschiedenen Eisenhydroxyds erreicht. Bei der Sulfatbestimmung wurde zur Beseitigung etwa anwesender Nitrite die Probe mit einigen Tropfen 5%iger Natriumazidlösung versetzt. Für die Härtebestimmung kamen 200 ccm und zur Sulfatbestimmung 100 ccm zur Anwendung, falls nicht ein höherer Sulfatgehalt eine geringere Menge bedingte. Für die Eisenbestimmung wurden 250 bis 1000 ccm je nach dem vorhandenen Eisen, und für die Manganbestimmung durchweg 1000 ccm verwendet.

b) Burgsandstein.

Die untersuchten Burgsandsteinwässer sind verschieden in ihrer Zusammensetzung, jedoch scheint der Brunnen in Uttenreuth eine besondere Ausnahme zu bilden. Seine starke Abweichung im Bezug auf Härte von den Wässern des Burgbergs kann entweder durch lokale Kalkeinlagerung im Gestein oder wahrscheinlicher durch zusetzende härtere Wässer aus dem Lias östlich von Marloffstein bedingt sein. Ich habe deshalb noch einige Härtebestimmungen in der Umgebung dieses Brunnens ausgeführt (Tabelle 3). Hierbei ergab sich, daß die Brunnen westlich der Marloffsteiner Straße (Tabelle 3, Nr. 4 u. 5) weicheres Wasser führen als die östlich dieser Straße (Tabelle 3, Nr. 1 u. 2). Letztere stehen im Alluvium, wie auch die geologische Karte zeigt, und erhalten somit

1) s. Literaturverz. Nr. 19, S. 504.
2) s. Literaturverz. Nr. 19, S. 549.
3) s. Literaturverz. Nr. 19, S. 552—553.

Wasser aus dem Lias (siehe Abschnitt h) über die Wässer aus dem Quartär). Die Brunnen westlich der Straße sitzen im anstehenden Burgsandstein. Der umstrittene Brunnen von Haus Nr. 1 erreicht zwar noch den Burgsandstein, erhält aber auch Wasser aus dem Quartär und befindet sich somit auf der Grenze. Daraus erklärt sich ohne weiteres die größere Härte seines Wassers.

c) Rhät.

Die Brunnen 9—10 entsprechen den Werten, die Reuter (1920, S. 12 des Sonderdrucks) für normale Rhätwässer angibt. Auffällig ist das Ergebnis bei den beiden Rhätbrunnen in Marloffstein (12 und 13), sowie bei der Quelle in Ebersbach (11). Es ist sehr wahrscheinlich, daß hier zusätzliches Wasser aus dem Lias die chemische Zusammensetzung weitgehend beeinflußt, wozu die Wasserführung auf Klüften und Spalten in diesem Gestein besonders beiträgt.

d) Lias-gamma.

Von diesen Wässern wurden nur zwei Proben untersucht; sie sind selten erschlossen. Ihre außergewöhnlich große Härte und der hohe Sulfatgehalt fallen besonders auf, weswegen sie sich bei der Untermischung mit Wässern aus anderen Formationen leicht verraten. Ihr hoher Gehalt an SO_4 und die hohe Härte gehen auf den Kalk- und Schwefelkiesgehalt des Lias zurück. Praktische Bedeutung haben diese Wässer im allgemeinen nicht, wenn sie auch in meinem Arbeitsgebiet zum Kochen und Viehtränken, ja sogar zum Trinken Verwendung finden. An dieser Stelle sei erwähnt, daß Reuter die Obergrenze für Brauchwasser mit 360 mg SO_4 im Liter angibt. Die Marloffsteiner Brunnen erreichen bis 1450 mg SO_4!

e) Lias-epsilon.

Die Wässer aus dem Lias-epsilon zeigen ebenfalls eine sehr große Verschiedenheit und sollten deshalb als Nutz- und Brauchwasser soweit als möglich ausscheiden. Der Schwefelkiesgehalt des Gesteins verleiht dem Wasser da, wo er noch nicht ausgelaugt ist, hohen Schwefelsäuregehalt, wodurch als Folgebildung Gips auftritt, der im Wasser gelöst bleibt. Die starke Verwitterung und Aufspaltung des Schiefers in dünne Plättchen machen es den zirkulierenden Wässern verhältnismäßig leicht, sich mit den verschiedensten Stoffen reichlich zu beladen. Die Auslaugung und Aufspaltung ist aber je nach den örtlichen Verhältnissen verschieden weit gediehen, daher auch der starke Wechsel in der Zusammensetzung der Wässer.

f) Dogger.

Die untersuchten Doggerwässer zeigen eine wesentlich größere Uebereinstimmung. Allerdings steht in meinem Arbeitsgebiet im Hangenden des Doggersandsteins durchweg weißer Jura an. Es ist deshalb zu erwägen, ob die erhebliche Härte bei Nr. 25, 26 und 27 aus der Zusammensetzung des Gesteins sich erklärt, oder ob es sich ähnlich wie beim Rhätsandstein um zusitzende Wässer aus höherem Horizont, hier also aus dem Malm handelt. Diese Erwägungen veranlaßten mich an Stellen Härtebestimmungen auszuführen, an denen über dem Dogger kein Malmgestein mehr ansteht, also dort, wo einzelne Bergkuppen bis auf den Doggersandstein herab abgetragen sind. Um sicher zu sein, daß nicht gerade eine Stelle getroffen wurde, an der der Doggersandstein zufälligerweise stark ausgelaugt ist, wurden Proben an verschiedenen Stellen außerhalb meines Arbeitsgebietes entnommen, so am Alten Rotenberg bei Lauf a. d. Pegnitz und am Gspannberg bei Altdorf (s. beiliegende Tabelle 3). Daraus ergibt sich, daß die größeren Härten der Quellen des Schwabachgebietes aus zusitzenden Malmwässern herrühren müssen, wie dies schon Reuter annahm, während Wässer, die unmittelbar dem Doggersandstein entstammen, Härten unter 5 Grad deutscher Härte aufweisen. Freilich könnte noch eingewandt werden, daß an den Stellen, an denen der Malm abgetragen ist, auch der Doggersandstein stark ausgelaugt wurde. Diese Frage könnte nur durch eine besondere und ausgedehnte Untersuchung des Doggersandsteinwassers entschieden werden. Der SO_4-Gehalt ist jedoch höher als im Malm und muß aus dem Dogger stammen. Die in Tabelle 3 mit Nr. 12 und 13 bezeichneten Brunnen sind gegraben und mit Kalkstein ausgemauert, während der nur etwa 50 m entfernte Brunnen unter Nr. 11 16½ m im Felsen gebohrt ist. Das Wasser der beiden zuerst genannten Brunnen erreicht aber trotzdem noch nicht die Härte, die bei Doggerwässern in meinem Gebiet beobachtet wurden. Die beiden Proben Nr. 28 und 29 stammen aus Brunnen, die im Doggergehängeschutt stehen. Nach dem geologischen Bau könnten hier nur aus der kleinen nordwestlich gelegenen Malmscholle Wässer zusetzen; doch dürften dieselben sich mehr in der Schwabachquelle bemerkbar machen, die dem Abfall entsprechend östlich dieser zum Teil sicher abgerutschten Malmscholle austritt. Die Quellen am Neusleshof beziehen also weniger oder kein Malmwasser, daher ihre geringe Härte. Auffällig ist auch ihr geringer Gehalt an SO_4.

g) Malm.

Die untersuchten Malmwässer zeigen trotz der verschiedenen Orte ihrer Entnahme eine verhältnismäßig große Uebereinstimmung, was auf eine gewisse Einheitlichkeit der Wasserführung im Malmgestein schließen läßt. Diese Malmwässer besitzen eine Härte von 15,4—18,5 deutschen Härtegraden. Ihr Sulfatgehalt liegt durchweg unter 10 mg im Liter. Der Eisengehalt beträgt etwa 0,1 mg im Liter, Mangan konnte nicht nachgewiesen werden. Die Härte ist eigentlich gering, wenn man bedenkt, daß dieses Wasser aus einem Kalkgestein kommt. Es ist aber dabei zu berücksichtigen, daß der Malm das Wasser hauptsächlich auf Klüften und Spalten führt und so dieses verhältnismäßig wenig mit dem inneren Gefüge des Gesteins in Berührung kommt. Auch gibt der klüftige Malm-beta-Kalk das Regenwasser schneller ab als ein Gestein, in dessen Gesteinsporen es eindringen kann. (Calcium-Carbonat ist im Wasser eigentlich so gut wie unlöslich, kohlensäurehaltiges Wasser löst es reichlich infolge der Bildung des löslichen Calciumbicarbonats.).

h) Quartär.

Im Quartär lassen die Härtegrade deutlich erkennen, daß man je nach dem Standort der Brunnen verschiedenartig zusammengesetzte Grundwasserströme annehmen muß, die vielfach wenig oder garnichts miteinander zu tun haben. Die geringste Härte hatte ein Brunnen in Buckenhof (2). Derselbe steht im Diluvium. Der Zufluß erfolgt wohl aus den südlich sich erstreckenden Diluvialsanden, woraus sich die geringe Härte erklärt. Der Eisengehalt mit 0,4 mg im Liter ist verhältnismäßig hoch (nach Stiny „Quellen“ [1]) enthalten die Grundwässer in Niederungen ziemlich viel bis reichlich Eisen). Im Einzugsgebiet steht Kiefernwald, dessen Boden zu Rohhumusbildung neigt. Daraus erklärt sich der Eisengehalt. Dieser Brunnen bezieht kein Wasser aus der heutigen Schwabachaue und auch kein Wasser aus dem Lias. Sonst würde er höhere Härtegrade aufweisen, wie das für die fogenden im Alluvium angesetzten Brunnen zutrifft. Eine größere Härte weist schon der an der Gabermühle (3) auf. Dort bewegt sich der Grundwasserstrom in der Schwabachaue, es setzen aber wahrscheinlich Wässer zu, die aus dem südlich liegenden diluvialenSandgebiet kommen. Wir haben also eine Vermischung des härteren Wassers der Alluvialaue mit

dem südlich zuströmenden weichen Grundwasser der Diluvialterrasse vor uns. Schwefelsäure und Eisengehalt sind gering, Mangan ist nicht vorhanden. Der Brunnen der Schleifmühle (1) bei Erlangen steht im Grundwasserstrom der Talaue der Schwabach. Jener der Weidenmühle bei Forth hat mit 24 Grad die größte Härte der im Quartär untersuchten Brunnen. Das Vorhandensein von Mangan deutet darauf hin, daß zur Talaue seitlich Wässer aus dem Lias zusetzen, wodurch sich auch die größere Härte erklärt.

Zusammenfassend ist zu den Wässern im Quartär zu sagen, daß sie sehr wechseln je nach den örtlichen Verhältnissen, aus denen das Grundwasser stammt. Sie sind abhängig von den seitlich zuströmenden Wässern. Die harten Zuflüsse zur Schwabachaue sind so beträchtlich, daß sie den Grundwasserstrom der Alluvialaue bis nach Erlangen ungünstig beeinflussen. Wässer des Diluviums hingegen sind sehr weich, wo ihr Einzugsgebiet nicht aus Wässer aus dem Lias übergreift.

i) Wässer der Schwabach.

Zum Vergleich wurden noch einige Wässer der Schwabach und ihre Hauptzuflüsse untersucht. Bei Gräfenberg zeigt der östliche Quellfluß eine Zusammensetzung, die ganz der Zusammensetzung der Gräfenberger Malm-Quelle entspricht. Bei Mitteldorf hat derselbe Quellfluß die Zusammensetzung der Doggerwässer! Dasselbe gilt für die Schwabach oberhalb von Igensdorf. Damit ist bewiesen, daß die seitlich zusetzenden Wässer der einzelnen Quellhorizonte nicht nur das Grundwasser des Schwabach-Alluviums, sondern auch den oberirdischen Abfluß deutlich beeinflussen.

Zusammenfassung über die chemische Zusammensetzung.

Im ganzen genommen besteht eine Uebereinstimmung der chemischen Befunde mit den weiter oben besprochenen geologischen Verhältnissen. Die chemische Zusammensetzung der Wässer hängt weitgehend von der Beschaffenheit des Wasserspeichers ab, insbesondere von der Löslichkeit der einzelnen Bestandteile, wobei ganz besonders zu beachten ist, daß das Grundwasser auf ziemliche Entfernung hin seine Besonderheiten beibehält. Man kann so die Herkunft der Wässer aus der Analyse erschließen und auch nachweisen, ob die betreffenden Wässer ausschließlich ihrem Quellhorizont entstammen, oder ob die Wässer höherer Quellhorizonte versickern und sich mit tieferen Stockwerken mischen.

s. Literaturverz. Nr. 31, S. 80.

Tabelle 2.

Chemische Einzelbestimmungen.

Nr.	Formation	Ort der Entnahme	Zeit (1935)	Deutsche Härtegrade	Schwefelsäure mg SO_4 i. Ltr.	Eisen- mg Fe i. Ltr.	Mangan mg Mn i. Ltr.
1	Quartär	Schleifmühle	24. 6.	17.36	85.0	0.28	—[1]
2	"	Buckenhof Nr. 48	27. 6.	5.9	30.4	0.4	—
3	"	Gabermühle	23. 8.	10.22	48.0	0.08	—
4	"	Weidenmühle	25. 9.	24.0	96.0	0.15	0.07
5	Burgsandstein	Burgberg Pickelmann	24. 6.	13.0	15.37	0.08	—[2]
6	"	Burgberg Wintz	7. 8.	8.68	22.0	0.05	—[2]
7	Burgsandstein Quartär	Burgberg Ehe	24. 6.	6.72	(3. 10.) 25.6	(3. 10) 0.15	—
8	"	Uttenreuth Haus Nr. 1	27. 6.	23.8	92.0	1.2	—[3]
9	Rhätsdst.	Forth-Bullach	28. 8.	16.24	25.6	0.1	—
10	"	Marloffstein Feuerweiher	20. 8.	15.50	38.4	0.3	—
11	"	Ebersbach	25. 8.	28.56	150.0	0.1	0.05
12	"	Marloffstein Schloßbr.	26. 6.	50.0	363	0.3	—
13	"	Marloffstein Gemeindebr.	27. 6.	48.0	544	0.28	0.1
14	Lias gamma	Marloffstein obere Quelle	20. 8.	51.0	1450	0.4	1.6
15	"	Marloffstein untere Quelle	20. 8.	53.7	1100	0.12	—
16	Lias epsilon	Kalchreuth Quelle	18. 9.	19.74	46	0.2	Spuren
17	"	Kalchreuth Haus Nr. 86	8. 8.	27	82.18	0.05	—
18	"	Großgeschaidt Nr. 11	20. 8.	19.6	29	1	—
19	"	Großgeschaidt Gemeindehs.	20. 9.	22.93	46	0,3	0.2
20	"	Kleingeschaidt Feuerweiher	20. 9.	19.7	19,5	0.2	0.1
21	"	Kleingeschaidt Gemeindebr.	3. 9.	36	154,8	3	0.3
22	"	Kleingeschaidt Ueberlauf	3. 9.	35.56	217	3	0.3
23	"	Hetzles Dorf	10. 9.	37.8	274	0.1	—
24	"	Hetzles 139	10. 9.	32.58	111 7	1.0	5
25	Dogger	Schwabachquelle südl. Faßung	9. 9.	18	38	0,1	—

1) Mangan nicht vorhanden.
2) siehe Wasserstandstabelle.
3) Eisenrohre.

Nr.	Formation	Ort der Entnahme	Zeit 1934)	Deutsche Härtegrade	Schwefelsäure mg SO_4 i. Ltr.	Eisen mg Fe i. Lit.	Mangan mg Mn in Ltr.
26	Dogger	Schwabachquelle nördl. Faß.	9. 9.	17.5	42.88.	0.05	—
27	"	Hetzles und die Waldschenke	6. 9.	15.12	12. 4.	0.15	—
28	Dogger-Gehänge-Schutt	Hetzles-Neusleshof Pumpbrunnen	30. 7.	11.5	unter 10	0.5	—
29	Dogger-Schutt	Neusleshof Quelle	28. 9.	9.5	unter 10	0.1	—
30	"	unt. Streitbaum II	3. 12.	20.9	11. 7.	0.08	—
31	Malm	Hetzles-Streitbaum I. Quelle	20. 8.	15.4	unter 10	0.1	—
32	"	II. Quelle	20. 8.	15.68	unter 10	0.1	—
33	"	Oberrüsselbach	17. 9.	18.48	unter 10	0.1	—
34	"	Gräfenberg Kalkbr.	28. 8.	15.68	unter 10	0.1	—
35	Oberird. Abfluß	Gräfenberg	9. 8.	15.96	unter 10	0.1	—
36	"	Mitteldorf	9. 8.	19.42	28.16	0.1	—
37	"	Schwabach oberhalb Igensdorf	9. 8.	7.36	44.8	0.2	—

Tabelle 3.

Chemische Härtebestimmungen zur Klärung von Besonderheiten.

Nr.	Formation	Ort der Entnahme	Zeit	Deutsche Härtegrade
1	Quartär	Uttenreuth Haus Nr. 3	21. 10. 35	19.16 [1]
2	„	Uttenreuth Br. 5 m östl. vom Haus Nr. 3	21. 10. 35	21.00
3	QuartärBurg-sandstein	Uttenreuth Haus Nr. 1	21. 10. 35	22.54 [2]
4	Burgsandstein	Uttenreuth Haus Nr. 12	21. 10. 35	12.20 [3]
5	„	Uttenreuth Gastw. Hack	21. 10. 35	14.56
6	Dogger	Bärbrünnle am Alten Rothenberg bei Lauf	8. 11. 35	2.30
7	„	Quelle 30 m neben dem Bärbrünnle	8. 11. 35	2.38 [5]
8	Dogger-Gehänge	Brunnenstube des Loch-hofes	8. 11. 35	11.0 [5]
9	Dogger	Grub bei Altdorf Haus Nr. 32 Pumpbr.	20. 11. 35	3.78
10	„	Grub bei Altdorf Quelle am Nordwest-ausgang des Dorfes	20. 11. 35	1.96
11	„	Gspanberg bei Altdorf Nr. 12	20. 11. 35	2.49 [6]
12	„	Gspanberg bei Altdorf Gemeindebrunnen	20. 11. 35	13.23 [7]
13	„	Gespanberg bei Altdorf Nr. 4	20. 11. 35	8.68 [8]

1) Wasser aus dem Keller.
2) Bei Nr. 1 und 2 geringere Härte wegen zusetzender kürzlich erfolgter Niederschläge.
3) Brunnen im anstehenden Felsen.
4) Alten Rothenberg bei Lauf.
5) Alten Rothenberg bei Lauf.
6) 16 $^1/_2$ m gebohrt.
7) mit Malm Kalk aufgemauert und gegr.
8) mit Lias Kalkstein ausgemauert.

Anhang.

Zusammenstellung der Grundwasserbeobachtungen.

Pickelmann-Burgberg Nr. 1*)

Pumpbrunnen im Burgsandstein

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
8. 7. 34	10.0	16. 5. 35	167.0
16. 7. 34	14.0	4. 6. 35	187.5
1. 8. 34	6.0	18. 6. 35	140.0
15. 8. 34	13.0	1. 7. 35	63.0
1. 9. 34	4.0	15. 7. 35	31.0
15. 9. 34	6.0	3. 8. 35	28.0
1. 10. 34	1.0	15. 8. 35	49.0
15. 10. 34	14.0	2. 9. 35	21.0
1. 11. 34	7.0	13. 9. 35	70.0
20. 11. 34	98.5	1. 10. 35	70.0
7. 12. 34	158.0	16. 10. 35	62.0
12. 12. 34	164.0	30. 10. 35	76.0
29. 12. 34	116.5	14. 11. 35	76.0
15. 1. 35	149.0	3. 12. 35	74.0
16. 2. 35	90.0	16. 12. 35	29.0
9. 3. 35	182.5	2. 1. 36	116.0
18. 3. 35	36.0	17. 1. 36	224.0
1. 4. 35	112.5	31. 1. 36	232.0
16. 4. 35	178.5	14. 2. 36	164.0
30. 4. 35	262.0		

NB. Diese Nummern beziehen sich auf die Uebersichtskarte des Schwabachtales.

Wintz-Burgberg Nr. 2

Pumpbrunnen im Burgsandstein. [1])

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
8. 7. 34	149.0	30. 4. 35	307.0
16. 7. 34	148.5	16. 5. 35	293.5
1. 8. 34	146.5	4. 6. 35	319.5
15. 8. 34	144.5	1. 7. 35	281.5
1. 9. 34	156.5	15. 7. 35	261.5
15. 9. 34	145.0	3. 8. 35	238.5
1. 10. 34	142.0	15. 8. 35	228.5
15. 10. 34	139.0	2. 9. 35	217.5
1. 11. 34	137.0	13. 9. 35	214.5
20. 11. 34	133.5	1. 10. 35	206.5
5. 12. 34	132.5	16. 10. 35	196.5
17. 12. 34	132.5	30. 10. 35	194.5
29. 12. 34	130.5	14. 11. 35	187.0
15. 1. 35	136.5	4. 12. 35	184.5
15. 2. 35	220.5	16. 12. 35	178.5
9. 3. 35	220.5	6. 1. 36	173.5
18. 3. 35	224.5	17. 1. 36	188.5
1. 4. 35	223.5	31. 1. 36	208.0
16. 4. 35	221.5	14. 2. 36	236.5

1) Der Brunnen steht wohl zum Teil in einer künstlichen Aufschüttung eines ehemaligen Steinbruchs.

Ehe-Burgberg Nr. 3

Pumpbrunnen im Burgsandstein und Quartär. [1])

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
8. 7. 34	10.0	16. 5. 35	126.0
16. 7. 34	2.0	4. 6. 35	128.0
1. 8. 34	7.0	18. 6. 35	121.0
15. 8. 34	6.0	1. 7. 35	102.5
1. 9. 34	1.0	15. 7. 35	51.0
15. 9. 34	0.0	3. 8. 35	90.0
1. 10. 34	2.0	15. 8. 35	88.0
15. 10. 34	23.0	2. 9. 35	79.0
1. 11. 34	20.0	13. 9. 35	81.0
26. 11. 34	82.5	1. 10. 35	76.0
7. 12. 34	82.0	16. 10. 35	78.0
17. 12. 34	92.0	30. 10. 35	89.0
29. 12. 34	106.0	14. 11. 35	79.0
15. 1. 35	119.5	4. 12. 35	86.0
16. 2. 35	125.5	16. 12. 35	86.0
9. 3. 35	125.0	2. 1. 36	92.0
18. 3. 35	117.0	17. 1. 36	118.0
1. 4. 35	108.0	31. 1. 36	118.0
16. 4. 35	105.0	18. 2. 36	122.0
30. 4. 35	141.0		

1) Dieser Brunnen erhält wohl sein Wasser aus dem Burgsandstein, steht aber zumindest im oberen Teil im Quartär.

Uttenreuth Haus Nr. 1 Nr. 4

Pumpbrunnen im Sandsteinkeuper und Quartär. [1])

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
19. 6. 34	68.0	2. 5. 35	189.0
4. 7. 34	96.5	17. 5. 35	225.5
11. 7. 34	73.5	4. 6. 35	243.0
16. 7. 34	90.0	18. 6. 35	264.0
1. 8. 34	89.0	30. 6. 35	267.0
15. 8. 34	90.5	18. 7. 35	268.5
1. 9. 34	91.5	2. 8. 35	266.0
15. 9. 34	68.5	15. 8. 35	258.0
1. 10. 34	78.0	2. 9. 35	250.0
15. 10. 34	55.5	13. 9. 35	245.0
11. 11. 34	89.5	1. 10. 35	233.0
20. 11. 34	66.5	14. 10. 35	218.0
30. 11. 34	31.5	30. 10. 35	215.0
16. 12. 34	70.0	16. 11. 35	209.0
29. 12. 34	82.5	1. 12. 35	202.0
15. 1. 35	80.0	15. 12. 35	183.0
15. 2. 35	129.0	6. 1. 36	177.0
5. 3. 35	146.0	16. 1. 36	174.0
16. 3. 35	156.0	30. 1. 36	181.0
1. 4. 35	159.0	14. 2. 36	188.0
17. 4. 35	165.0		

1) s. Kap. 7b.

Marloffstein-Schloßbrunnen Nr. 5

Pumpbrunnen im Rhät. [1])

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
18. 6. 34	386.0	28. 4. 35	476.0
2. 7. 34	362.0	16. 5. 35	447.0
15. 7. 34	343.0	4. 6. 35	461.0
1. 8. 34	297.0	18. 6. 35	439.0
15. 8. 34	338.0	1. 7. 35	433.0
1. 9. 34	354.0	17. 7. 35	420.0
15. 9. 34	330.0	2. 8. 35.	404.0
1. 10. 34	270.0	15. 8. 35	402.0
15. 10. 34	332.0	2. 9. 35	406.0
2. 11. 34	344.0	13. 9. 35	409.0
20. 11. 34	383.0	1. 10. 35	405.0
30. 11. 34	393.0	14. 10. 35	402.0
14. 12. 34	417.0	30. 10 35	416.0
29. 12. 34	429.0	19. 11. 35	420.0
14. 1. 35	442.0	1. 12. 35	422.0
31. 1. 35	449.0	15. 12. 35	413.5
5. 3. 35	455.0	6. 1. 36	432.0
14. 3. 35	456.0	16. 1. 36	452.0
1. 4. 35	452.0	30. 1. 36	441.0
16. 4. 35	448.0	14. 2. 36	445.0

1) s. Kap. 7c.

Marloffstein-Gemeindebrunnen Nr. 26

Pumpbrunnen im Rhät. [1])

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
18. 6. 34	207.0	28. 4. 35	288.0
2. 7. 34	207.0	16. 5. 35	267.0
15. 7. 34	133.0	4. 6. 35	273.0
1. 8. 34	100.0	18. 6. 35	266.0
15. 8. 34	225.0	1. 7. 35	256.5
1. 9. 34	237.5	17. 7. 35	248.5
15. 9. 34	228.0	2. 8. 35	238.0
1. 10. 34	243.0	15. 8. 35	248.0
15. 10. 34	222.0	2. 9. 35	245.0
2. 11. 34	213.0	13. 9. 35	249.0
20. 11. 34	248.0	1. 10. 35	259.0
30. 11. 34	239.0	14. 10. 35	251.0
14. 12. 34	240.0	30. 10. 35	258.0
29. 12. 34	250.0	19. 11. 35	253.0
14. 1. 35	258.0	1. 12. 35	255.0
9. 2. 35	267.0	15. 12. 35	257.0
5. 3. 35	275.0	6. 1. 36	272.0
14. 3. 35	269.0	16. 1. 36	269.5
1. 4. 35	265.5	30. 1. 36	280.0
16. 4. 35	266.0	14. 2. 36	272.0

1) s. Kap. 7c.

*) NB. In Abb. 7 wurde Nr. 6 nicht eingetragen, da dieser Brunnen sich dicht neben Nr. 5 befindet.

Forth-Bullach Nr. 7

Tötzelweiherquelle im Rhät

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
5. 4. 34	1.90	
14. 4. 34	1.54	
19. 4. 34	1.53	
26. 4. 34	1.45	
2. 5. 34	1.60	
9. 5. 34	1.60	
14. 5. 34	1.70	
23. 5. 34	1.55	

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in ° C
1. 6. 34	1.60	
8. 6. 34	1.55	
18. 6. 34	1.36	
4. 7. 34	1.37	8.7
15. 7. 34	1.44	8.7
1. 8. 34	1.45	8.7
15. 8. 34	1.34	9.0
1. 9. 34	1.36	9.1
15. 9. 34	1.37	9.2
30. 9. 34	1.30	9.4
15. 10. 34	1.31	9.2
6. 11. 34	1.26	9.3
19. 11. 34	1.29	9.25
1. 12. 34	1.299	9.3
15. 12. 34	1.27	9.3
27. 12. 34	1.25	9.23
12. 1. 35	1.29	9.22
30. 1. 35	1.41	9.13
19. 2. 35	1.68	9.02
2. 3. 35	1.73	8.94
15. 3. 35	1.90	8.88
30. 3. 35	1.83	8.81
15. 4. 35	1.90	8.89
29. 4. 35	2.32	8.65
15. 5. 35	2.73	8.68
3. 6. 35	2.64	8.62
20. 6. 35	2.67	8.70
29. 6. 25	2.71	8.70
16. 7. 35	2.46	8.80
1. 8. 35	2.46	8.75
14. 8. 35	2.49	8.80
31. 8. 35	2.30	8.90
14. 9. 35	2.47	9.0
30. 9. 35	2.09	9.05
14. 10. 35	2.35	9.10
31. 10. 35	2.145	9.18
18. 11. 35	2.20	9.2
2. 12. 35	2.149	9.2
18. 12. 35	2.032	9.2
3. 1. 36	2.024	9.1
14. 1. 36	2.16	9.1
29. 1. 36	2.14	9.1
15. 2. 36	2.297	9.0

Marloffstein-Feuerweiher Nr. 8

Quelle aus dem Rhät.

Datum	Schüttung in secl.
2. 10. 34	0.071
15. 10. 34	0.077
2. 11. 34	0.075
20. 11. 34	0.084
30. 11. 34	0.075
14. 12. 34	0.098
29. 12. 34	0.087
15. 1. 35	0.115
9. 2. 35	0.190
5. 3. 35	0.147
14. 3. 35	0.145
1. 4. 35	0.122
16. 4. 35	0.158
28. 4. 35	0.322
15. 5. 35	0.182
4. 6. 35	0.217
18. 6. 35	0.172
1. 7. 35	0.147
17. 7. 35	0.120
2. 8. 35	0.16
15. 8. 35	0.119
2. 9. 35	0.105
13. 9. 35	0.109
1. 10. 35	0.109
14. 10. 35	0.100
30. 10. 35	0.137
19. 11. 35	0.106
1. 12. 35	0.107
15. 12. 35	0.111
6. 1. 36	0.166
30. 1. 36	0.175
14. 2. 36	0.166

Ebersbach Nr. 9

Quelle aus dem Rhät. [1])

Datum	Schüttung	Temperatur	
	in secl.	in ° C	
20. 6. 34	0.128		
2. 7. 34	0.121		
15. 7. 34	0.106	11. 8	
1. 8. 34	0.100	12.15	
15. 8. 34	0.097	12.3	
1. 9. 34	0.087	12.6	
15. 9. 34	0.069	12.6	
1. 10. 34	0.062	12.7	
15. 10. 34	0.064	11.6	
5. 11. 34	0.040	10.5	
20. 11. 34	0.043	9.8	
4. 12. 34	0.047	9.18	
16. 12. 34	0.060	9.2	
28. 12. 34	0.044	8.77	
13. 1. 35	0.080	8.1	
10. 2. 35	0.080	7.3	
5. 3. 35	0.149	7.3	
16. 3. 35	0.175	7.1	
30. 3. 35	0.192	7.4	
17. 4. 35	0.232	7.7	
30. 4. 35	0.256	8.1	
17. 5. 35	0.294	8.47	
4. 6. 35	0.400	9.2	
19. 6. 35	0.333	9.73	
30. 6. 35	0.320	10.4	
17. 7. 35	0.326	11.0	
2. 8. 35	0.357	11.1	
15. 8. 35	0.323	11.43	
3. 9. 35	0.270	11.6	
17. 9. 35	0.270	11.58	Fassg. undicht
2. 10. 35	0.182	11.5	stark undicht
15. 10. 35	0.278	11.22	abgedichtet
30. 10. 35	0.285	10.68	
19. 11. 35	0.228	10.1	
3. 12. 35	0.222	9.6	
18. 12. 35	0.166	8.8	Quellfassung
4. 1. 36	0.256	8.3	undicht
16. 1. 36	0.270	8.1	
30. 1. 36	0.262	7.8	
17. 2. 36	0.277	7.35	

1) s. Kap. 7c.

Marloffstein Nr. 10

Quelle aus dem Lias-gamma (Abfluß unter dem Schulhaus)

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in ° C
18. 6. 34	0.049	
2. 7. 34	0.047	
15. 7. 34	0.044	7.9
1. 8. 34	0.049	17.6
15. 8. 34	0.045	16.9
1. 9. 34	0.046	16.75
15. 9. 34	0.043	16.5
1. 10. 34	0.040	15.95
15. 10. 34	0.066	12.5
2. 11. 34	0.040	11.0
20. 11. 34	0.050	8.65
30. 11. 34	0.050	7.6
14. 12. 34	0.070	8.1
29. 12. 34	0.075	7.35
14. 1. 35	0.078	5.7
9. 2. 35	0.110	4.75
5. 3. 35	0.150	5.55
14. 3. 35	0.130	5.25
1. 4. 35	0.109	6.65
16. 4. 35	0.147	7.2
28. 4. 35	0.151	8.3
15. 5. 35	0.105	10.0
4. 6. 35	0.128	11.2
18. 6. 35	0.097	13.58
1. 7. 35	0.092	15.3
17. 7. 35	0.073	17.2
2. 8. 35	0.068	10.65
15. 8. 35	0.072	17.2
2. 9. 35	0.064	16.3
13. 9. 35	0.059	14.8
1. 10. 35	0.064	13.9
15. 10. 35	0.057	12.88
30. 10. 35	0.066	10.2
19. 11. 35	0.058	8.62
1. 12. 35	0.065	7.4
15. 12. 35	0.064	5.75
6. 1. 36	0.098	5.3
16. 1. 36	0.106	5.7
30. 1. 36	0.117	5.42
14. 2. 36	0.125	5.0

Marloffstein Nr. 11*)

Quelle aus dem Lias-gamma (Abfluß im oberen Dorf).

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
18. 6. 34	0.058	
2. 7. 34	0.051	
15. 7. 34	0.045	14.7
1. 8. 34	0.046	15.3
15. 8. 34	0.042	14.8
1. 9. 34	0.047	14.5
15. 9. 34	0.068	15.3
1. 10. 34	0.025	15.1
15. 10. 34	0.066	11.8
2. 11. 34	0.028	10.6
30. 11. 34	0.024	8.3
20. 11. 34	0.035	9.4
14. 12. 34	0.030	8.8
29. 12. 34	0.045	8.4
14. 1. 35	0.062	7.6
9. 2. 35	0.160	7.6
5. 3. 35	0.050	7.2
14. 3. 35	0.200	7.4
1. 4. 35	0.117	7.8
16. 4. 35	0.303	8.1
28. 4. 35	0.285	8.45
16. 5. 35	0.300	8.8
4. 6. 35	0.088	9.7
18. 6. 35	0.196	10.08
1. 7. 35	0.222	10.82
17. 7. 35	0.185	11.9
2. 8. 35	0.137	12.3
15. 8. 35	0.141	12.7
2. 9. 35	0.092	13.2
13. 9. 35	0.099	12.8
1. 10. 35	0.102	12.7
14. 10. 35	0.102	12.0
30. 10. 35	0.087	10.9
19. 11. 35	0.058	9.65
1. 12. 35	0.068	9.1
15. 12. 35	0.053	7.55
6. 1. 36	0.137	8.1
16. 1. 36	0.166	8.1
30. 1. 36	0.227	8.15
14. 2. 36	0.234	7.8

*) NB. In Abb. 1 wurde Nr. 11 nicht eingetragen, da er sich dicht neben Nr. 10 befindet.

Großgeschaidt Haus Nr. 11 Nr. 12

Pumpbrunnen im Lias-epsilon.

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
2. 7. 34	225.0	29. 4. 35	301.0
15. 7. 34	209.0	15. 5. 35	277.0
1. 8. 34	196.0	3. 6. 35	271.5
15. 8. 34	199.0	20. 6. 35	266.5
1. 9. 34	200.0	29. 6. 35	257.5
15. 9. 34	181.0	16. 7. 35	228.0
1. 10. 34	173.0	1. 8. 35	208.0
15. 10. 34	189.0	14. 8. 35	197.0
3. 11. 34	186.0	31. 8. 35	189.0
19. 11. 34	250.0	14. 9. 35	184.0
1. 12. 34	254.0	30. 9. 35	179.0
15. 12. 34	278.0	14. 10. 35	180.0
27. 12. 34	278.0	31. 10. 35	232.0
12. 1. 35	281.0	16. 11. 35	220.0
30. 1. 35	277.5	2. 12. 35	227.5
19. 2. 35	290.0	18. 12. 35	249.0
28. 2. 35	286.0	3. 1. 36	279.0
15. 3. 35	275.0	14. 1. 36	284.0
30. 3. 35	265.0	29. 1. 36	281.0
15. 4. 36	277.5	15. 2. 36	274.0

Hetzles-Dorf Nr. 13

Quelle aus dem Lias-epsilon. [1])

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
13. 6. 34	0.184	
22. 6. 34	0.173	
3. 7. 34	0.172	
15. 7. 34	0.150	9.6
1. 8. 34	0.142	9.8
16. 8. 34	0.166	10.2
1. 9. 34	0.178	10.4
15. 9. 34	0.142	10.6
1. 10. 34.	0.133	10.5
15. 10. 34	0.154	10.4
5. 11. 34	0.166	10.3
20. 11. 34	0.232	10.3
4. 12. 34	0.204	10.2
16. 12. 34	0.250	10.1
28. 12. 34	0.228	9.9
13. 1. 35	0.336	9.4
10. 2. 35	0.480	8.3
5. 3. 35	0.510	7.4
16. 3. 35	0.382	7.5
30. 3. 35	0.333	7.45
17. 4. 35	0.597	7.1
30. 4. 35	0.762	7.1
17. 5. 35	0.388	7.5
4. 6. 35	0.677	8.2
19. 6. 35	0.345	8.2
29. 6. 35	0.290	8.55
17. 7. 35	0.228	9.2
2. 8. 35	0.208	9.2
15. 8. 35	0.213	9.6
3. 9. 35	0.185	10.1
17. 9. 35	0.189	10.3
2. 10. 35	0.200	10.42
15. 10. 35	0.182	10.6
1. 11. 35	0.322	10.45
19. 11. 35	0.217	10.15
3. 12. 35	0.217	10.0
14. 12. 35	0.222	9.7
4. 1. 36	0.730	8.35
15. 1. 36	0.544	8.95
30. 1. 36	0.682	8.4
17. 2. 36	0.432	8.0

1) s. Kap. 6.

Großgeschaidt-Gemeindehaus Nr. 14*)
Quelle aus dem Lias-epsilon.

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
19. 6. 34	0.075	
2. 7. 34	0.140	
15. 7. 34	0.046	
1. 8. 34	0.020	12.8
15. 8. 34	0.077	11.7
30. 8. 34	0.083	12.1
15. 9. 34	0.007	15.4.
1. 10. 34	0.014	
15. 10. 34	1.000	12.0
3. 11. 34	0.060	
19. 11. 34	1.000	11.3
1. 12. 34	0.181	10.8
15. 12. 34	0.940	13.3
27. 12. 34	0.8	9.8
12. 1. 35	2.16	9.2
30. 1. 35	1.45	8.8
19. 2. 35	1.45	7.9
28. 2. 35	1.18	7.65
15. 3. 35	0.533	7.5
30. 3. 35	0.333	7.25
15. 4. 35	0.941	7.10
29. 4. 35	2.0	7.0
15. 5. 35	0.451	7.55
3. 6. 35	0.645	7.88
20. 6. 35	0.230	8.6
29. 6. 35	0.192	9.1
16. 7. 35	0.089	10.0
1. 8. 35	0.039	10.6
14. 8. 35	0.08	11.3
31. 8. 35	0.045	11.6
14. 9. 35	keine Schüttung	
30. 9. 35	keine Schüttung	
14. 10. 35	0.039	11.7
31. 10. 35	0.232	11.5
16. 11. 35	0.081	11.0
2. 12. 35	0.333	10.7
18. 12. 35	0.18	10.0
3. 1. 36	1.6	9.25
14. 1. 36	2.66	8.65
29. 1. 36	1.00	8.3
15. 2. 36	0.516	7.8

*) Wurde in Abb. 1 nicht eingetragen, da diese Quelle in der Abbildung dicht bei Nr. 12 zu liegen käme.

Kleingeschaidt-Feuerweiher. Nr. 15

Quelle aus dem Lias-epsilon.

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
19. 6. 34	0.333	
2. 7. 34	0.37	
15. 7. 34	0.20	9.85
1. 8. 34	0.115	10.6
15. 8. 34	0.129	10.9
30. 8. 34	0.043	11.9
15. 9. 34	0.022	12.8
1. 10 34	0.013	14.3
15. 10. 34	0.064	11.1
19. 11. 34	1.23	10.7
1. 12. 34	0.515	10.6
15. 12. 34	1.333	9.8
27. 12. 34	1.45	9.7
12. 1. 35	1.333	9.0
30. 1. 35	1.11	8.5
19. 2. 35	3.20	7.5
28. 2. 35	2.769	7.25
15. 3. 35	1.838	7.1
30. 3. 35	1.142	7.05
15. 4. 35	1.935	6.9
29. 4. 35	4.00	6.65
15. 5. 35	2.00	7.05
3. 6. 35	2.00	7.40
20. 6. 35	1.354	7.95
29. 6. 35	1.625	8.4
16. 7. 35	0.289	9.3
1. 8. 35	0.143	10.3
14. 8. 35	0.154	10.9
31. 8. 35	0.08	11.85
14. 9. 35	0.04	12.36
30. 9. 35	0.032	12.5
14. 10. 35	0.059	11.65
31. 10. 35	0.394	10.9
16. 11. 35	0.175	10.65
2. 12. 35	0.470	10.1
18. 12. 35	0.57	9.6
3. 1. 36	3.4	8.7
14. 1. 36	4.0	8.4
29. 1. 36	2.502	7.9
15. 2. 36	1.7	7.6

Kalchreuth Nr. 16

Quelle aus dem Lias-epsilon. [1])

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in ° C
19. 6. 34	0.096	
2. 7. 34	0.153	
15. 7. 34	0.033	9.0
1. 8. 34	0.065	9.2
15. 8. 34	0.188	9.6
30. 8. 34	0.181	9.75
15. 9. 34	0.142	9.8
1. 10. 34	0.133	9.9
15. 10. 34	0.118	10.2
3. 11. 34	0.104	10.2
19. 11. 34	0.113	10.4
1. 12. 34	0.057	10.4
15. 12. 34	0.065	10.3
27. 12. 34	0.080	10.2
12. 1. 35	0.111	
30. 1. 35	0.058	9.9
19. 2. 35	0.117	9,63
28. 2. 35	0.011	9.6
15. 3. 35	0.001	9.45
30. 3. 35	0.051	9.25
15. 4. 35	0.065	9.0
29. 4. 35	0.077	8.9
15. 5. 35	0.083	8.9
3. 6. 35	0.120	8.8
20. 6. 35	0.083	8.8
29. 6. 35	0.055	8.9
16. 7. 35	0.043	9.0
1. 8. 35	0.041	9.05
14. 8. 35	0.050	9.23
31. 8. 35	0.031	9.5
14. 9. 35	0.025	9.7
30. 9. 35	0.024	9.95
14. 10. 35	0.017	10.1
31. 10. 35	0.067	10.3
16. 11. 35	tropft nur mehr	
1. 12. 35	0.005	10.3
16. 12. 35	0.008	10.2
3. 1. 36	0.063	10.15
14. 1. 36	0.056	10.0
29. 1. 36	0.071	9.9
14. 2. 36	0.047	9.7

1) Anm.: Quellfassung wurde während der Messung undicht. Die fehlende Massermenge konnte nicht ermittelt werden.

Schwabachquelle südliche Fassung Nr. 17

aus dem Dogger.

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
10. 11. 34	1.450	9.05
20. 11. 34	1.310	9.1
4. 12. 34	1.403	9.1
16. 12. 34	1.400	9.05
28. 12. 34	1.450	9.02
13. 1. 35	1.702	9.02
18. 2. 35	2.220	8.87
4. 3. 35	2.160	8.8
31. 3. 35	2.160	8.77
17. 4. 35	2.105	8.75
2. 5. 35	2.724	8.8
17. 5. 35	2.857	8.7
4. 6. 35	2.963	8.7
19. 6. 35	3.076	8.7
29. 6. 35	2.758	8.7
17. 7. 35	2.666	8.75
2. 8. 35	2.424	8.7
14. 8. 35	2.660	8.7
31. 8. 35	2.285	8.72
17. 9. 35	2.444	8.79
2. 10. 35	2.105	8.8
15. 10. 35	2.352	8.83
1. 11. 35	2.222	8.81
18. 11. 35	2.285	8.8
3. 12. 35	2.285	8.8
17. 12. 35	2.162	8.7
4. 1. 36	2.222	8.8
15. 1. 36	2.285	8.8
30. 1. 36	2.500	8.75
17. 2. 36	2.424	8.7

Schwabachquelle nördliche Fassung
Nr. 18*)

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C
20. 11. 34	keine Schüttung	
16. 12. 34	keine Schüttung	
20. 12. 34	keine Schüttung	
13. 1. 35	0.107	9.02
18. 2. 35	0.394	8.85
4. 3. 35	0.476	8.8
16. 3. 35	0.434	8.75
31. 3. 35	0.400	8.7
17. 4. 35	0.526	8.7
2. 5. 35	0.476	8.72
17. 5. 35	0.303	8.67
4. 6. 35	0.384	8.65
19. 6. 35	0.312	8.75
29. 6. 35	0.277	8.7
17. 7. 35	0.217	8.8
2. 8. 35	0.166	8.8
14. 1. 35	0.140	8.9
31. 8. 35	0.099	9.02
17. 9. 35	0.078	9.15
2. 10. 35	0.066	9.25
14. 10. 35	0.053	8.8
1. 11. 35	0.069	9.3
18. 11. 35	0.055	9.2
3. 12. 35	0.055	9.1
17. 12. 35	0.047	8.9
4. 1. 36	0.117	8.9
15. 1. 36	0.169	8.78
30. 1. 36	0.204	8.68
17. 2. 36	0.333	8.6

*) NB. In Abb. 1 nicht eingetragen, da sie dort mit Nr. 17 zusammenfallen würde.

Hetzles-Berg Nr. 19

Quelle aus dem Dogger-beta südöstlich der Straße zum Streitbaum.

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C	
25. 6. 34	0.047		
3. 7. 34	0.028	9.1	
15. 7. 34	tropft nur mehr	10.6	
1. 8. 34	vollkommen trocken		
15. 8. 34	„ „		
1. 9. 34	„ „		
15. 9. 34	„ „		
1. 10. 34	„ „		
15. 10. 34	„ „		
30. 10. 34	„ „		
15. 11. 34	„ „		
30. 11. 34	„ „		
15. 12. 34	„ „		
28. 12. 34	läuft wieder, noch nicht meßbar		muß erst gefaßt werden
20. 2. 35	1.538	7.8	neu gefaßt
5. 3. 35	2.592	7.9	
16. 3. 35	1.860	7.95	
30. 3. 35	0.842	7.95	
17. 4. 35	0.743	7.85	
30. 4. 35	2.888	7.80	
17. 5. 35	1.965	8.0	
4. 6. 35	1.125	8.2	
19. 6. 35	1.175	8.3	
29. 6. 35	0.865	8.4	
17. 7. 35	0.340	8.7	
2. 8. 35	0.192	8.9	
16. 8. 35	0.097	9.3	
3. 9. 35	0.032	10.0	
17. 9. 35	tropft nur mehr		
2. 10. 35	läuft nicht		
15. 10. 35	„ „		
1. 12. 35	„ „		
3. 12. 35	0.041	8.0	
14. 12. 35	0.008		
19. 12. 35	0.072		
4. 1. 36	0.025	6.9	
15. 1. 36	0.722	7.7	
30. 1. 36	1.111	7.9	
17. 2. 36	1.481	7.8	

Neusleshof-Hetzles Nr. 20

Pumpbrunnen im Dogger-Gehängeschutt.

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
25. 6. 34	90.0	2. 5. 35	441.0
3. 7. 34	121.5	17. 5. 35	446.0
16. 7. 34	132.0	4. 6. 35	466.0
1. 8. 34	93.5	19. 6. 35	456.0
15. 8. 34	168.0	29. 6. 35	467.5
1. 9. 34	151.0	17. 7. 35	258.5
15. 9. 34	256.0	1. 8. 35	133.0
1. 10. 34	111.0	16. 8. 35	228.0
15. 10. 34	237.0	3. 9. 35	193.0
10. 11. 34	297.0	17. 9. 35	217.0
20. 11. 34	447.0	2. 10. 35	239.0
4. 12. 34	397.0	14. 10. 35	224.5
15. 12. 34	427.5	1. 11. 35	452.5
28. 12. 34	407.5	18. 11. 35	304.0
13. 1. 35	405.5	3. 12. 35	254.0
18. 2. 35	529.0	14. 12. 35	285.0
1. 3. 35	486.5	4. 1. 36	463.0
16. 3. 35	388.0	15. 1. 36	452.0
31. 3. 35	274.0	30. 1. 36	443.0
17. 4. 35	504.0	17. 2. 36	317.0

Hetzles-Streitbaum I Nr. 21
Quelle aus dem Malm-beta

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C	
21. 6. 34	0.051		
22. 6. 34	0.048		
3. 7. 34	0.039	8.4	
15. 7. 34	0.021	8.9	
1. 8. 34	0.009	10.2	Fassung be-
15. 8. 34	0.058	9.0	schädigt
1. 9. 34	0.087	9.1	
15. 9. 34	0.060	9.35	
1. 10. 34	0.030	9.8	
15. 10. 34	0.005		
5. 11. 34	0.220	8.8	
20. 11. 34	0.110	8.9	
4. 12. 34	0.113	9.0	
16. 12. 34	0.180	9.0	
28. 12. 34	0.150	8.85	
13. 1. 35	0.312	8.5	
20. 2. 35	1.040	7.65	
5. 3. 35	0.230	7.8	
16. 3. 35	0.104	7.7	
30. 3. 35	0.143	7.5	
17. 4. 35	0.400	7.4	
2. 5. 35	0.800	7.48	
17. 5. 35	0.166	7.7	
4. 6. 35	0.570	7.9	
19. 6. 35	0.108	8.2	
29. 6. 35	0.196	8.4	neu gefaßt
17. 7. 35	0.092	8.78	
2. 8. 35	0.058	8.9	
16. 8. 35	0.047	9.2	
3. 9. 35	0.029	9.7	
17. 9. 35	0.070	9.3	
2. 10. 35	0.051	9.33	
15. 10. 35	0.079	9.2	
1. 11. 35	0.400	9.2	
19. 11. 35	0.151	9.1	
3. 12. 35	0.095	8.7	
14. 12. 35	0.172	8.6	
4. 1. 36	0.533	8.1	
15. 1. 36	0.640	8.1	
30. 1. 36	0.338	7.92	
17. 2. 36	0.277	7.7	

Hetzles-Streitbaum II Nr. 22

Quelle aus dem Malm-beta.

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C	
21. 6. 34	0.146		
23. 6. 34	0.139		
3. 7. 34	0.119	8.35	
15. 7. 34	0.095	8.6	
1. 8. 34	0.077	8.8	
15. 8. 34	0.178	8.8	
1. 9. 34	0.178	8.9	
15. 9. 34	0.153	9.0	
1. 10. 34	0.087	9.2	
15. 10. 34	0.077	9.1	
5. 11. 34	0.137	8.8	
20. 11. 34	0.303	8.7	
4. 12. 34	0.303	8.6	
28. 12. 34	0.367	8.5	
13. 1. 35	0.590	8.45	
20. 2. 35	1.780	8.5	
5. 3. 35	1.140	8.4	
16. 3. 35	0.625	8.2	
30. 3. 35	0.333	8.05	
17. 4. 35	0.833	8.2	
2. 5. 35	2.000	8.2	
17. 5. 35	0.470	8.22	
4. 6. 35	1.000	8.3	
19. 6. 35	0.480	8.38	
29. 6. 35	0.434	8.4	
17. 7. 35	0.232	8.6	
2. 8. 35	0.158	8.7	
16. 8. 35	0.129	8.9	
3. 9. 35	0.112	9.0	
17. 9. 35	0.164	8.9	
2. 10. 35	0.120	9.0	
15. 10. 35	0.175	8.9	Ablaufrohr
1. 11. 35	1.500	8.6	kann nicht
19. 11. 35	0.312	8.5	alles fassen,
3. 12. 35	0.212	8.35	aus allen
14. 12. 35	0.303	8.3	Klüften quillt
4. 1. 36	1.280	8.4	Wasser.
15. 1. 36	2.000	8.48	
30. 1. 36	0.642	8.3	
17. 2. 36	0.526	8.18	

*) NB. In Abb. 1 nicht eingetragen, da sie dicht neb. Nr. 21 zu liegen käme.

Oberrüsselbach Nr. 23

Quelle aus dem Malm.

Datum	Schüttung in secl.	Temperatur in °C	
18. 6. 34	0.349		
4. 7. 34	0.286	9.1	
15. 7. 34	0.247	9.2	
1. 8. 34	0.181	9.5	
15. 8. 34	0.216	9.3	
30. 8. 34	0.219	9.4	
15. 9. 34	0.177	9.55	
1. 10. 34	0.146	9.45	
15. 10. 34	0.182	Temp. am 23. 10: 8.75	
6. 11. 34	0.145	8.6	
19. 11. 34	0.860	8.55	
4. 12. 34	0.234	8.5	Seiher etwas
15. 12. 34	0.880		verstopft, da-
27. 12. 34	0.666	8.6	her zu geringe
12. 1. 35	0.909	8.55	Schüttung.
10. 2. 55	0.940	8.55	
1. 3. 35	1.000	8.65	
15. 3. 35	0.727	8.65	
30. 3. 35	0.597	8.65	
15. 4. 35	0.888	8.73	
2. 5. 35	0.615	8.7	
15. 5. 35	0.421	8.8	
3. 6. 35	0.695	9.0	
20. 6. 35	0.333	9.0	
29. 6. 35	0.178	9.28	
17. 7. 35	0.213	8.9	
1. 8. 35	0.263	8.8	
14. 8. 35	0.182	8.8	
31. 8. 35	0.059	8.8	
14. 9. 35	0.100	8.8	
30. 9. 35	0.057	8.3	
15. 10. 35	0.035	8.72	Fass. stark un-
31. 10. 35	0.666	8.63	dicht
18. 11. 35	0.090	8.6	Rohr wahr-
2. 12. 35	0.294	8.6	scheinlich ver-
17. 12. 35	0.303	8.5	stopft
4. 1. 36	0.360	8.6	Schneeschmelze
14. 1. 36	0.666	8.4	Wasser quillt
29. 1. 36	0.800	8.6	aus all. Klüften
15. 2. 36	0.727	8.6	

Schüttungsmessungen sind hier mit Vorsicht zu verwerten, da die Fassung für solche Messungen ungenügend ist (s. Anmerk.).

Gräfenberg-Kalkbrunnen [1]) Nr. 24

Quelle aus dem Malm.

Datum	Temperatur in °C
2. 10. 34	9.0
15. 10. 34	9.0
10. 11. 34	8.9
20. 11. 34	8.85
4. 12. 34	8.9
15. 12. 34	8.9
27. 12. 34	8.9
10. 2. 35	8.75
2. 3. 35	8.8
16. 3. 35	8.9
30. 3. 35	8.81
17. 4. 35	8.83
2. 5. 35	8.8
15. 5. 35	8.8
3. 6. 35	8.8
20. 6. 35	8.8
29. 6. 35	8.9
17. 7. 35	8.8
1. 8. 35	8.7
14. 8. 35	8.72
31. 8. 35	8.7
15. 9. 35	8.7
30. 9. 35	8.74
15. 10. 35	8.78
31. 10. 35	8.75
18. 11. 35	8.75
2. 12. 35	8.7
17. 12. 35	8.74
4. 1. 36	8.6
15. 1. 36	8.8
30. 1. 36	8.8
15. 2. 36	8.8

1) Schüttungsmessungen konnten hier nicht verwertet werden, da die Quellfassung bei der großen Schüttung dieser Quelle ungenügend ist und unkontrollierbare Abflüsse aufweist.

Buckenhof Haus Nr. 40 Nr. 25

Pumpbrunnen im Diluvium

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
19. 6. 34	193.0	2. 5. 35	256.0
4. 7. 34	193.0	17. 5. 35	245.0
15. 7. 34	186.0	4. 6. 35	267.5
1. 8. 34	185.5	18. 6. 35	249.5
15. 8. 34	198.5	30. 6. 35	232.0
1. 9. 34	195.0	15. 7. 35	222.5
15. 9. 34	188.5	3. 8. 35	215.0
1. 10. 34	182.0	16. 8. 35	207.0
15. 10. 34	183.5	2. 9. 35	204.0
3. 11. 34	179.0	13. 9. 35	209.0
22. 11. 34	193.0	30. 9. 35	200.0
5. 12. 34	193.0	14. 10. 35	195.0
16. 12. 34	201.0	30. 10. 35	201.0
29. 12. 34	203.5	19. 11. 35	196.0
14. 1. 35	220.5	4. 12. 35	193.0
15. 2. 35	234.5	16. 12. 35	192.5
4. 3. 35	236.0	2. 1. 36	196.0
14. 3. 35	234.5	16. 1. 36	216.0
1. 4. 36	227.5	31. 1. 36	219.0
18. 4. 35	229.5	14. 2. 36	228.0

Schleifmühle bei Erlangen Nr. 26

Pumpbrunnen im Alluvium.

Datum	Wasserstand in cm	Datum	Wasserstand in cm
19. 6. 34	94.0	2. 5. 35	184.5
4. 7. 34	83.0	16. 5. 35	145.0
16. 7. 34	81.5	3. 6. 35	139.5
1. 8. 34	87.5	18. 6. 35	121.5
15. 8. 34	89.5	30. 6. 35	106.5
1. 9. 34	82.5	15. 7. 35	106.5
15. 9. 34	81.5	3. 8. 35	100.5
1. 10. 34	83.5	15. 8. 35	93.5
15. 10. 34	82.5	2. 9. 35	101.5
5. 11. 34	78.0	16. 9. 35	99.5
20. 11. 34	96.5	30. 9. 35	104.5
5. 12. 34	94.5	14. 10. 35	101.5
17. 12. 34	99.5	30. 10. 35	118.5
29. 12. 34	95.5	15. 11. 35	101.5
14. 1. 35	113.0	4. 12. 35	104.5
15. 2. 35	161.5	16. 12. 35	93.5
9. 3. 35	129.5	2. 1. 36	110.5
14. 3. 35	127.5	16. 1. 36	138.5
1. 4. 35	121.5	31. 1. 36	130.0
17. 4. 35	143.5	14. 2. 36	131.5

Verzeichnis der benutzten Schriften.

1. Birzer, F.: Zur jungdiluvialen Aufschüttung im Rednitzgebiet Sitz. Ber. Phys. Med. Soz. Erlangen, Bd. 67 1935/36, S. 247—262.
2. Dorn, Paul: Die Lagerungsverhältnisse des Hetzlasgebirges. Erlanger Heimatbuch 1925, S. 2—7, Erlangen 1925.
3. Dorn, Paul: Geologische Karte von Bayern, Blatt Gräfenberg Nr. 162 mit Erläuterungen, München 1928.
4. Dorn, Paul: Geologischer Exkursionsführer durch die Frankenalp und einige angrenzende Gebiete, Bd. I Nürnberg 1928, Bd. II Erlangen 1929.
5. Dorn, Paul: Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Erlangen-Süd, Nr. 180 mit Erläuterungen, München 1930
6. Dorn, Paul: Ueber den tektonischen Bau des Ostfränkisch-oberpfälzischen Deckgebirges. Geol. R. d. sch. Bd. 23a, S. 81—90 Berlin 1933.

6a. Dorn, Paul: Die Lagerungsverhältnisse des Hetzlasgebirges. Erlanger Heimatbuch 1925, Seite 4—7.

7. Fischer, Karl: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser- und Allergebiet, Jahrb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands. Bes. Mitt. Bd. 7 Nr. 2. Herausgegeben von der Preuß. Landesst. für Gewässerkunde u. Hauptnivellements Berlin 1932.
8. Geigenberger, Anton: Zur Geognosie, Agronomie u. Hydrographie des Ober- und Untergrundes der Stadt Erlangen und ihrer nächsten Umgebung. Diss. Erlangen 1895.
9. Gümbel, C. W. von: Geognostische Karte des Königreichs Bayern 1 : 100 000 Blatt Bamberg Nr. XIII. Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Bamberg Nr. XIII. Cassel 1897.
10. Heß, Hans: Niederschlag, Abfluß, Verdunstung und Abtrag im Pegnitzgebiet. Abhandl. d. Naturhistor. Ges. zu Nürnberg. Bd. 22, Heft 4, 1927.
11. Häuser, J.: Die Niederschlagsverhältnisse in Bayern. Veröff. Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde, München 1930.

11a. Joos, Otto: Zur Geologie der Ehrenburg (Walberla) bei Forchheim. Abhandl. d. Geolog. Landesuntersuchung am Bayr. Oberbergamt, Heft 26, 1936.

12. Kehrer, Wilhelm: Ein Beitrag zur Hydrologie der Umgebung von Tübingen. Diss. Tübingen 1931, Tübingen 1935.

13. Keilhack, Konrad: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. 1. Aufl. Berlin 1912.

14. Klähn, Hans: Ueber Kalkmagnesiawässer der Umgegend von Streitberg und Muggendorf und ihre Ausscheidungsprodukte. Centralbl. für Min. etc. Jahrg. 1926.

15. Koehne, W.: Grundwasserkunde. — Stuttgart 1928.

16. Koehne, W., Beiträge zur Grundwasserkunde. — Jahrb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands. Besondere Mitteilungen. Bd. IV. Heft 4. Berlin 1927.

17. Krumbeck, Lothar: Geol. Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Erlangen-Nord Nr. 161 mit Erläuterungen. München 1931.

18. Krumbeck, Lothar: Sitz. Ber. Phys. Med. Soz. Erlangen, Bd. 67. 1936.

19. Lunge-Berl: Chemisch-techniche Untersuchungsmethoden. I. Bd. — Berlin 1921.

20. Neumaier, Ferdinand: Ueber die chemischen und radiologischen Beziehungen zwischen den Quellwässern und ihren Ursprungsgesteinen in der Umgebung von Passau. — Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beil. — Bd. 68. Abt. B. S. 463—516. Stuttgart 1932

21. Ohlmüller u. Spitta: Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. 4. Auflage. Berlin 1921.

22. Reuter, Lothar: Das Bayerische Jura-Gebiet und die geologischen Grundlagen zu seiner Wasserversorgung. „Internat. Zeitschrift für Wasserversorgung". Jahrg. III. Leipzig 1916.

23. Reuter, Lothar: Die Geologische Grundlage zur Wasserversorgung im bayerischen Juragebiet. — Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1920, München 1921.

24. Reuter, Lothar: Geologische Ausführungen über die Grund- und Quellwasservorräte Südbayerns und ihre Verwertung zur Wasserversorgung. „Gas- und Wasserfach". München. 67. Jahrg. 1924. München 1925.

25. Reuter, Lothar: Die Quell- und Grundwasservorräte in den Geologischen Formationen Nordbayerns. In: Goebel „Der Wasserkursus". Plauen i. V. 1925.

26. Reuter, Lothar: Die natürlichen Grundlagen der Wasserversorgung in Bayern. „Die Wasserversorgung in Bayern nach dem Stande vom 1. 1. 28", Heft 120 der Beiträge zur Statistik Bayerns, herausgegeben vom Bayerischen Statistischen Landesamt. München 1930.

27. Reuter, Lothar: Die Beschaffung des Trink- und Nutzwassers für die Städte und Dörfer in Bayern. Bayerische Staatszeitung Nr. 135 v. 14. Juni, München 1930.
28. Schnitzer, Franz: Zur Hydrographie der Stadt Erlangen. Diss. Erlangen 1872.
29. Schwager, Adolf: Untersuchungen von Quell- und Flußwasser aus dem Fichtelgebirge und dem angrenzenden fränkischen Keupergebiete. Geogn. Jahresk. IV, 1891, S. 35—86. Cassel 1892.
30. Specht, A.: Das Pegnitzgebiet in Bezug auf seinen Wasserhaushalt. I. Gebiets- und Flußbeschreibung, Niederschlag und Abfluß. 1912, II. Ausnutzung der Wasserkräfte. 1904, München 1904—1912.
31. Stiny, Josef: Die Quellen. Wien 1933.
32. Stremme, Hermann: Ueber Wasserkarten. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Bd. 85, S. 597—601. Jahrgang 1933.
33. Treadwell, F. P.: Kurzes Lehrbuch der Analytischen Chemie in zwei Bänden. II. Bd. Leipzig und Wien 1907.
34. Weyrauch, Robert: Wasserversorgung der Ortschaften. Sammlung Göschen Nr. 5. Berlin und Leipzig 1921.

Lebenslauf.

Am 14. November 1909 wurde ich, Karl Weigel, als Sohn des damaligen Obergeometers Georg Weigel und seiner Ehefrau Karoline, geb. Fuchs, zu Erlangen geboren. Dort besuchte ich die Volksschule, die Realschule und die Oberrealschule, wo ich im März 1929 das Reifezeugnis erwarb. Vom Sommersemester 1929 an widmete ich mich dem Studium der Naturwissenschaft in Erlangen und München. 1931/32 war ich ein Jahr lang mit praktischen Untersuchungen an der Landesanstalt für Bienenzucht in Erlangen beschäftigt. Seit 1934 studierte ich Geologie im Hauptfach. Ich besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. An Lehrgängen der SA. und der Wehrmacht habe ich während meines Studiums teilgenommen.